



Universidad Tecnológica de la Mixteca
Instituto de Diseño

“Diseño y desarrollo de un dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal para caídas de bajo impacto”

Presenta

Campos Martínez María Paula

Tesis

para obtener el título de:

Ingeniera en Diseño

Director de tesis:

MDI. Iturbide Jiménez Fernando

Co-director de tesis:

Dr. Jiménez Escamilla Maxwell Gustavo

H. Cd. de Huajuapán de León, Oax. Febrero 2026

Dedicatoria



A mi abuelita Paula Epifanía Valencia, quien me acompaña desde el cielo hace más de 20 años. Usted sufrió una caída que le provocó un traumatismo craneoencefálico irreversible y desde que este tema llegó a mí supe que fue mandado por usted, porque las casualidades no existen. Abuelita, usted ha sido mi principal motivación para no darme por vencida, para brindar mi granito de arena a la sociedad y este es el primer paso para ayudar a personas de la tercera edad, a personas que como usted pueden ser víctimas de una caída, este proyecto tiene su nombre y apellido y es mi manera de honrar su memoria. Gracias por brindarme su amor y paciencia los primeros años de mi vida me hubiera encantado poder disfrutar de su compañía muchos años más y aunque no esté físicamente conmigo, la siento en el alma. Detrás de este proyecto abuelita hay una gran intención emocional, aportar para hacer el cambio, el cambio de que otros nietos puedan tener muchos años más a sus abuelitos.

Te amo abuelita besos hasta el cielo.

Agradecimiento



En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la vida para iniciar y concluir este proyecto de tesis.

Así mismo quiero agradecer a mi madre, por siempre confiar en mí y darme la seguridad necesaria para creer en mí misma. Gracias por estar conmigo en mis momentos más vulnerables y por escucharme cada noche al llegar a casa; sin esos desahogos quizá no estaría hoy presentando este proyecto que culmina mis estudios universitarios. Gracias a mi padre por brindarme un techo donde llegar y un plato de comida en la mesa, a mis hermanos porque ellos han sido una fuerte motivación para esforzarme en darles un buen ejemplo como hermana mayor y porque desde muy pequeños han aportado a la casa y eso era una preocupación menos para mí y concentrarme únicamente en mis estudios. Igualmente quiero agradecer a mi prometido Mauricio, gracias por apoyarme durante todo el proceso de este proyecto, tu amor, paciencia y actitud frente a la vida han sido mi impulso día a día. Y finalmente pero no menos importante quiero agradecer a mis profesores que durante años me han brindado conocimientos no solo académicos sino también me han enseñado de la vida, un agradecimiento especial a mi codirector de tesis el Doctor Maxwell Gustavo Jiménez Escamilla, por su paciencia, persistencia y constante motivación para avanzar, por ayudarme a creer en este proyecto de tesis cuando las dudas tocaban la puerta.

Por ultimo me gustaría darme las gracias a mí, porque a pesar de las dificultades personales tome la decisión de sentarme frente a la mesa y seguir avanzando, por mi persistencia para retomar el tema las veces necesarias y volver a comprender lo que ya he estado realizando, por no haber tirado la toalla teniéndola en la mano.

Índice



CAPÍTULO I Aspectos Preliminares	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Estado del arte.....	4
1.2.1 Dispositivos de protección craneal básicos.....	5
1.2.2 Dispositivos de protección craneal con tecnología implementada.....	6
1.2.3 Patentes de dispositivos de protección craneal.....	7
1.2.4 Dispositivos de protección craneal con impresión 3d.....	8
1.3 Marco teórico	9
1.4 Planteamiento del problema	11
1.5 Justificación	12
1.6 Objetivos y metas	13
1.6.1 Objetivo General.....	13
1.6.2 Objetivos específicos y metas.....	13
1.7 Metodología	14
Resumen del capítulo	16
CAPÍTULO II Marco Teórico.....	17
2.1 El adulto mayor.....	19
2.2 Dispositivos de protección craneal	20
2.3 Las caídas en los adultos mayores	21
2.4 Lesiones y accidentes cerebrales en adultos mayores	22
2.5 La cabeza y el cráneo.....	23
2.5.1 La cabeza	23
2.5.2 El cráneo	24
2.5.3 Morfologías craneanas	25
2.5.4 Comportamiento mecánico del cráneo	26
2.6 Ergonomía	27
2.6.1 Medidas antropométricas del usuario.....	28
2.7 Materiales.....	29

2.8 Conceptos mecánicos	31
2.9 Uniones	32
Resumen del capítulo.....	34
<i>CAPÍTULO III Metodología</i>	35
3.1 Perfil del usuario	37
3.1.1 Usuario primario	37
3.1.2 Usuario secundario	37
3.2 Necesidades del usuario	38
3.2.1 Necesidades del usuario primario.....	38
3.2.2 Necesidades del usuario secundario.....	39
3.3 Investigación de campo	40
3.3.1 Primera entrevista.....	40
3.3.2 Segunda entrevista	42
3.4 Función primaria y secundaria	42
3.4.1 Función primaria	42
3.4.2 Función secundaria	42
3.5 Implementación de circuito	43
3.5.1 Selección del circuito electrónico	44
3.5.2 Análisis y aplicación del circuito	45
3.5.3 Diagrama de flujo del circuito	47
3.6 Fuerza de impacto	48
3.7 Requerimientos de diseño	50
3.7.1 Requerimientos de uso	50
3.7.2 Requerimientos estructurales.....	50
3.7.3 Requerimientos formales.....	51
3.7.4 Requerimientos de función.....	51
3.8 Conceptualización	51
3.8.1 Generación de ideas	51
3.8.2 Primera parte	56
3.8.3 Elección de la propuesta	64
3.8.4 Manufactura para el protector “NALA”	65
3.8.5 Diseño a nivel de detalle	67
3.8.6 Segunda parte	76

3.8.7 Elección de la propuesta.....	81
3.8.9 Diseño a nivel de detalle.....	85
Resumen del capítulo	97
<i>CAPÍTULO IV Pruebas</i>	99
4.1 Evaluación mecánica del protector “NALA”	101
4.1.1 Limitaciones de tesis.....	101
4.2 Materiales.....	102
4.3 Resultados mecánicos	104
4.3.1 Modificaciones.....	105
Resumen de capítulo	120
Conclusiones.....	121
Trabajos futuros	122
Limitaciones.....	123
Referencias	124

Índice de figuras



Figura 1: Metodología para el Diseño y Desarrollo de Productos Multidisciplinarios.....	14
Figura 2: Metodología de Ulrich enfocado a productos multidisciplinarios, con relación a objetivos y metas.....	15
Figura 3: Factores de riesgos de las lesiones no intencionales.....	21
Figura 4: División de la cabeza.....	23
Figura 5: Curva sagital y transversal.....	24
Figura 6: Clasificación de morfologías craneanas.....	25
Figura 7: Hueso largo y esponjoso del cráneo.....	26
Figura 8: Mapa conceptual de materiales convencionales.....	29
Figura 9: Materiales nuevos.....	30
Figura 10: Gráfica esfuerzo - deformación.....	31
Figura 11: Deformación perpendicular axial.....	32
Figura 12: Clasificación de uniones.....	33
Figura 13: Diagrama de flujo del circuito.....	48
Figura 14: Técnica creativa analogías: imágenes.....	53
Figura 15: Boceto protector "Sian".....	56
Figura 16: Boceto protector "Bos".....	57
Figura 17: Boceto protector "Elpu".....	58
Figura 18: Boceto protector "Nala".....	59
Figura 19: Protector "SIAN".....	60
Figura 20: Protector "BOS".....	61
Figura 21: Protector "ELPU".....	62
Figura 22: Protector "NALA".....	63
Figura 23: Carcaza exterior.....	65
Figura 24: Carcaza intermedia.....	65
Figura 25: Carcaza interna.....	66
Figura 26: Primer paso.....	67
Figura 27: Segundo paso.....	67
Figura 28: Tercer paso.....	67
Figura 29: Protector "NALA" en uso.....	67
Figura 30: Medidas.....	68
Figura 31: Carcasa interna medidas.....	70
Figura 32: Carcasa intermedia.....	72
Figura 33: Carcasa externa medidas.....	74
Figura 34: Primera propuesta.....	76
Figura 35: Segunda propuesta.....	76
Figura 36: Propuesta 1 vista general.....	77
Figura 37: Propuesta 1 a detalle.....	77
Figura 38: Despiece.....	77

Figura 39: Primer ensamble.....	78
Figura 40: Segundo ensamble.....	78
Figura 41: Vistas generales de la propuesta 1	78
Figura 42: Propuesta 2 vista general	79
Figura 43: Propuesta 2 vista a detalle.....	79
Figura 44: Despiece de la propuesta 2.....	79
Figura 45: Primer ensamble.....	80
Figura 46: Segundo ensamble.....	80
Figura 47: Vistas generales de la propuesta 2	80
Figura 48: Grados de libertad	81
Figura 49: Grado de libertad 1.....	82
Figura 50: Grado de libertad 2.....	82
Figura 51: Ensamble AO01 + BO01	83
Figura 52: Ensamble AO02 + BO02	84
Figura 53: Primer paso.....	85
Figura 54: Segundo paso.....	85
Figura 55: Tercer paso	85
Figura 56: Sección A parte 1 medidas.....	86
Figura 57: Sección A parte 2 medidas.....	88
Figura 58: Distribución de los elementos en la placa a soldar	90
Figura 59: Propuesta Tercera Parte	90
Figura 60: Método de cierre	91
Figura 61: Render Isométrico	92
Figura 62: Render Frontal.....	92
Figura 63: Render Isométrico Trasero	93
Figura 64: Primer paso.....	93
Figura 65: Segundo paso.....	93
Figura 66: Tercer paso	93
Figura 67: Uso sección B.....	94
Figura 68: Parte interna de la pieza 2 sección B	95
Figura 69: Parte externa pieza 2 sección B	95
Figura 70: Isométrico frontal.	96
Figura 71: Isométrico trasero.	96
Figura 72: Primer modelo del protector "SIA"	101
Figura 73: Protector "SIA" modificado.....	102
Figura 74: Gráfica de comportamiento mecánico	105
Figura 75: Lateral derecho modelo "SIAN"	106
Figura 76: Lateral izquierdo modelo "SIAN"	106
Figura 77: Trasero modelo "SIAN"	107
Figura 78: Lateral derecho modelo "SIAN"	107
Figura 79: Lateral izquierdo modelo "SIAN"	108
Figura 80: Trasero modelo "SIAN"	108
Figura 81: Máximos y mínimos de la propuesta "NALA".....	109
Figura 82: Resultados en el lateral derecho del modelo "BOS"	110

Figura 83; Resultados en el lateral izquierdo del modelo "BOS"	110
Figura 84: Resultados en el trasero del modelo "BOS"	111
Figura 85: Resultado en el lateral derecho del modelo "ELPU"	111
Figura 86: Resultado lateral izquierdo modelo "ELPU"	112
Figura 87: Resultados trasero modelo "ELPU"	112
Figura 88: Resultados lateral derecho modelo "NALA"	113
Figura 89: Resultados lateral izquierdo modelo "NALA"	113
Figura 90: Resultados trasero modelo "NALA"	114
Figura 91: Caída lateral / lateral derecha	115
Figura 92: Caída lateral / lateral izquierda	115
Figura 93: Caída lateral / trasera	116
Figura 94: Caída Trasera / Lateral Derecha	117
Figura 95: Caída Trasera / Lateral Izquierda	117
Figura 96: Caída Trasera / Trasera	118
Figura 97: Gráfica Golpe Lateral	119
Figura 98: Gráfica Golpe Trasero	119

Índice de tablas



Tabla 1: Dispositivos de protección craneal básicos.....	5
Tabla 2: Dispositivos de protección craneal con tecnología aplicada.....	6
Tabla 3: Patentes de dispositivos de protección craneal.....	7
Tabla 4: Diseños de cascos implementando la impresión 3D.....	8
Tabla 5: Huesos craneanos del neurocráneo.....	24
Tabla 6: Medidas antropométricas del cráneo.....	25
Tabla 7: Propiedades mecánicas del cráneo.....	26
Tabla 8: Norma NOM-115-STPS-2009 especificaciones.....	28
Tabla 9: Medidas antropométricas en mujeres y hombres.....	28
Tabla 10: Medidas antropométricas del usuario promedio.....	28
Tabla 11: Anchura del cráneo mesocefálico.:.....	29
Tabla 12: Necesidades del usuario primario.....	38
Tabla 13: Necesidades del usuario secundario.....	39
Tabla 14: Resultados de la primera entrevista con base a las necesidades del usuario.....	41
Tabla 15: Escala de necesidades.....	41
Tabla 16: Primera propuesta.....	43
Tabla 17: Segunda propuesta.....	44
Tabla 18: Tabla comparativa de circuitos electrónicos.....	45
Tabla 19: Elementos adicionales.....	45
Tabla 20: Evaluación para definir el número de elementos.....	46
Tabla 21: Tabla de evaluación para el tercer elemento.....	47
Tabla 22: Tabla de especificaciones para el circuito y el producto.....	47
Tabla 23: Requerimientos de uso.....	50
Tabla 24: Requerimientos estructurales.....	50
Tabla 25: Requerimientos formales.....	51
Tabla 26: Requerimientos de función.....	51
Tabla 27: Matriz de selección de propuestas.....	64
Tabla 28: Medidas generales S M L.....	69
Tabla 29: Medidas carcasa interna S M L.....	71
Tabla 30: Carcasa intermedia S M L.....	73
Tabla 31: Carcasa externa S M L.....	75
Tabla 32: Tabla de grados de libertad:.....	81
Tabla 33: Pesos de propuestas.....	82
Tabla 34: Análisis de ensamble.....	83
Tabla 35: Grados de libertad.....	84
Tabla 36: Pesos de propuestas.....	84
Tabla 37: Resistencia de ensamble.....	85
Tabla 38: Sección A Pieza 1 en sus 3 tamaños.....	87
Tabla 39: Sección A pieza 2 3en sus 3 tamaños.....	89

Tabla 40: Medidas de los componentes electrónicos	89
Tabla 41: Combinación de materiales	103
Tabla 42: Combinación de materiales modelo "NALA"	103
Tabla 43: Resultados finales.....	104
Tabla 44: Resultados de materiales invertidos.....	109
Tabla 45: Resultados de los 4 modelos.	109
Tabla 46: Golpe lateral.....	114
Tabla 47: Estrés equivalente caída trasera.....	116

Índice de ecuaciones



Ecuación 1: Tamaño de muestra	40
Ecuación 2: Tamaño muestra sustitución	40
Ecuación 3: Fuerza de impacto	48
Ecuación 4: Fuerza de impacto sustitución.....	49

Introducción



El siguiente proyecto de tesis titulado “Diseño y desarrollo de un dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal para caídas de bajo impacto” tiene como base el diseño industrial y es presentado para obtener el título de Ingeniería en Diseño que ofrece la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Con los conocimientos adquiridos durante la carrera se puede dar una solución por lo menos a un problema social, ambiental o de otra índole que requiera de la aplicación de la ingeniería y el diseño para la resolución o prevención de alguna problemática identificada.

Durante mucho tiempo, la población de la tercera edad ha sido relegada en cuanto a la atención y sistemas de desarrollo que promuevan su seguridad y calidad de vida. No es sino hasta cuando un adulto mayor se encuentra en una situación crítica para que sus parientes tomen acción y así restablecer su salud; sin embargo, este acto no detiene el problema porque, aunque la persona de la tercera edad se encuentre en tratamiento, se sigue encontrando igual de expuesta a los factores extrínsecos del lugar que habita y que le pueden provocar alguna especie de accidente.

Así mismo, el país de México es una de las naciones con menor mantenimiento en sus calles y vías públicas, ocasionando una gran cantidad de accidentes a sus ciudadanos, entre los que se encuentran los adultos mayores. La precariedad en la infraestructura de las calles de México, así como la escasa implementación de equipos de seguridad, provocan caídas que pueden generar diversas lesiones en la población de la tercera edad.

Entre las lesiones de mayor riesgo, se encuentran las que generan un daño en el cráneo; padecer un traumatismo encefálico craneal, por sus siglas TEC, puede llevar al adulto mayor a sufrir derrames cerebrales, hematomas, lesiones en la piel, desplazamientos o ruptura de los huesos craneales, entre otras afectaciones.

Este tipo de lesiones no solo provoca una molestia física, sino que además puede derivar en secuelas como problemas de memoria y del habla, cambios de humor, dificultades de sueño, pérdida de coordinación, convulsiones, entre otros. Asimismo, una lesión severa en el cráneo puede llegar a provocar la muerte, representando el peor de los escenarios posibles.

El presente proyecto tiene como objetivo incrementar la seguridad del adulto mayor en su vida cotidiana mediante la integración de dos componentes principales. El primero consiste en un dispositivo de protección craneal, diseñado para reducir la fuerza del impacto en las zonas más sensibles del cráneo en caso de una caída. El segundo componente es la implementación de un circuito electrónico que permite transmitir información de riesgo del usuario primario a un usuario secundario, funcionando como un sistema de alerta.

Dicho sistema proporciona al usuario secundario información oportuna y precisa sobre el momento y la ubicación en que el usuario primario sufre una caída, lo que permite brindar asistencia casi inmediata a la persona afectada.

Por otro lado, este dispositivo no solo beneficia el estado de salud física, sino que además mejora el estado emocional del adulto mayor, ya que se siente seguro al saber que, en caso de sufrir algún accidente, será auxiliado de la manera más pronta posible. Esto incrementa su confianza para realizar sus actividades diarias de forma autónoma e independiente, mejorando así su calidad de vida.

Finalmente, la tesis se estructura de 4 capítulos. En el primer capítulo se describen los aspectos preliminares que ayudarán a tener una visión general del proyecto, tales como el planteamiento del problema, justificación, objetivos, metodología y estado del arte, por decir algunos. La información contenida en estos apartados permite comprender la relevancia del tema de investigación, los objetivos que se persiguen y el proceso metodológico mediante el cual se desarrollará el proyecto.

El segundo capítulo corresponde al marco teórico, el cual integra la investigación realizada para definir, identificar y ejecutar todos los factores que intervienen en el desarrollo del proyecto. Dicha investigación abarca una diversidad de temas sin relación aparente, sin embargo, resultan complementarios para la obtención de mejores resultados. Entre estos temas se encuentran, la investigación general del usuario, los tipos de caídas y lesiones que suelen presentar hasta temas de ergonomía y conceptos mecánicos.

El tercer capítulo describe la metodología empleada. En esta sección se aplica la estructura del proceso metodológico propuesto por Karl T. Ulrich, basada en su publicación *Diseño y desarrollo de productos multidisciplinarios*, que permite dividir el proyecto en 4 fases. La primera fase se conforma de una investigación para determinar las variables del proyecto, la segunda fase consta de la integración del diseño, es decir contemplar todos los elementos que se involucran con el proyecto, en este caso específico, la ergonomía, el circuito electrónico y el proceso del análisis físico mecánico que interfiere en el producto, la tercera fase se refiere al proceso creativo, en donde con ayuda de la técnica de analogías se logran obtener mejores resultados para el desarrollo de diseño, en esta fase, se presentan los bocetos, conceptos y modelados propuestos. Finalmente se encuentra la fase 4, en donde se evalúan las propuestas de cada diseño para seleccionar una propuesta final.

Como último capítulo se tiene el cuarto, en donde se realizan las evaluaciones necesarias a los diseños elaborados, en este capítulo se logra determinar si el objeto es o no funcional y esto se determina mediante un análisis mecánico no lineal en el software de ANSYS. En este capítulo también se exponen algunas de las limitaciones presentadas y la solución que se propone en cada una de ellas.

CAPÍTULO I

*Aspecto
Preliminares*

1.1 Antecedentes

Conforme el ser humano crece, se encuentra en diferentes etapas de vida, desde la infancia hasta la edad adulta mayor; en cada uno de estos trayectos, el individuo sufre cambios físicos, emocionales y mentales.

La Organización Mundial de la Salud. (2015) menciona que cuando una persona mayor entra a la última etapa del desarrollo humano, comenzando aproximadamente a los 60 años y extendiéndose hasta el final de su vida, sufre un declive físico y cognitivo progresivo; sin embargo, estos cambios pueden variar según los hábitos y calidad de vida de la persona. Es por eso que es importante desarrollar objetos, programas y actividades que incrementen la calidad de vida y seguridad en los adultos mayores, para que puedan vivir esta etapa con dignidad y alegría.

Aunque la mayoría de las personas de la tercera edad son asistidas a la brevedad cuando presentan una caída, no todos corren con la misma suerte y casi el 30% de las personas no son auxiliadas. Si el impacto genera un impedimento en el libre movimiento del adulto mayor y este, por falta de apoyo de una segunda persona, se fuerza a situarse en un espacio seguro, puede empeorar la herida provocada o, en el peor de los casos, si la persona de la tercera edad queda en estado inconsciente debido a la caída y nadie acude a su auxilio, puede llegar incluso a la muerte. Es por esto la importancia de tener un monitoreo constante del adulto mayor, para auxiliarlo cuando presente una caída y conocer su estado de salud.

La Organización Mundial de la Salud. (2021) afirma que uno de los principales riesgos que enfrenta este sector de la población son las caídas, siendo esta la principal causa de lesiones graves, entre las que se encuentran el golpe de cadera y los traumatismos encefálicos craneales. En caso de presentar un traumatismo encefálico craneal, puede llegar a la muerte o dejar secuelas cognitivas y emocionales.

Diversos estudios y desarrollos han abordado estas problemáticas (el monitoreo del adulto mayor y su protección craneal); sin embargo, las soluciones que han propuesto han sido de manera individual, dejando en riesgo alguna de las problemáticas identificadas. Además, las propuestas desarrolladas actualmente presentan otras limitaciones relacionadas con la integración estética, automatización y la aprobación por parte del adulto mayor.

Desde la perspectiva de la carrera de Ing. en Diseño, es fundamental analizar las propuestas existentes y determinar las ventajas y desventajas de cada dispositivo de protección craneal que se encuentra en el mercado. Este análisis puede identificar debilidades y fortalezas en el proyecto, lo que da la información necesaria para entender cómo se puede mejorar y cuál es el valor agregado del producto a desarrollar.

1.2 Estado del arte

En la actualidad existe una gran variedad de dispositivos de protección craneal que son utilizados por diferentes usuarios según sus necesidades, estos se pueden dividir a partir del entorno y situación de riesgo al que son sometidos.

En primer lugar, se tienen los cascos protectores para el uso diario y cotidiano en lactantes e infantes, quienes debido a su etapa de crecimiento y aprendizaje en las actividades más raras sufren de caídas constantes, estos dispositivos son diseñados para recibir un golpe de bajo impacto. Así mismo se encuentran los protectores cefálicos en adultos mayores, quienes a causa de una combinación de cambios fisiológicos normales en el envejecimiento presentan enfermedades crónicas o eventos de salud que afectan a su movilidad, siendo más propensos a sufrir caídas repetitivas.

En segundo lugar, se encuentran los cascos de protección para deportistas, como lo son motociclistas, corredores de autos, ciclistas, beisbolistas, entre otros. Estos dispositivos de protección son más reforzados porque su fuerza de impacto es mayor.

Finalmente se encuentran los dispositivos de seguridad craneal para trabajadores, como lo son: mineros, obreros, personal de construcción, soldados, entre otros. Estos dispositivos son rígidos y protegen únicamente la zona craneal, ya que por las actividades a realizar es necesario que el rostro se encuentre descubierto.

La investigación de cada uno de los dispositivos de protección craneal fue necesaria para la limitación del proyecto e implementación de nuevos usos, como lo es la aplicación del sistema de alerta en aparatos protectores craneales para adultos mayores, ya que en el desarrollo de la investigación no se ha registrado ningún aparato de seguridad craneal que además de cumplir con su función de protección informe a una segunda persona cuando la persona de la tercera edad ha sufrido algún tipo de caída

A pesar de que existen dispositivos de protección craneal con tecnología aplicada que permiten rastrear, detectar riesgos, establecer comunicación, etc. ninguno de estos dispositivos tiene como usuario objetivo una persona de la tercera edad.

Cada modelo que fue relevante para el desarrollo de este proyecto es presentado en las siguientes *Tablas* (*Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4*), en donde se observa un análisis descriptivo registrando datos como el tipo de impacto, usuario referente y materiales de composición; también se elaboró un análisis prescriptivo. Este tipo de investigación responde a ventajas y desventajas de los modelos existentes; por último, se analizó que se puede hacer para mejorar los diseños y cuáles características destacan y son posibles de aplicar en este proyecto.

1.2.1 Dispositivos de protección craneal básicos.

En la *Tabla 1* se observan algunos dispositivos existentes elaborados y diseñados para proteger la zona craneal de bajos impactos.

Tabla 1: Dispositivos de protección craneal básicos.

Objeto	Casco de protección craneal de neopreno	Inserto de sombrero de béisbol
Imagen	 [1]	 [2]
Usuario objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Adultos mayores • Personas con problemas de equilibrio. • Personas con epilepsia. • Personas con enfermedades degenerativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jugadores de Beisbol.
Tipo de Impacto	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo impacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo impacto
Materiales de composición	<ul style="list-style-type: none"> • Foam acolchonado transpirable. • Forro de rizo interno. • Recubrimiento de tejido de panal. • Neopreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material exterior de plástico ABS. • Material interior de Almohadilla EVA.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Previene contusiones craneales. • Cuenta con arnés mentoniano y cierre adaptable. • Cuenta con Licencia Sanitaria. • Peso de 95 gramos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo ligero. • Ayuda a evitar lesiones. Contusiones y traumas. • Dispositivo completamente discreto. • No deforma la gorra.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen amplio en el diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es ajustable por sí solo. • No es anti transpirable.
Elementos a considerar	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales de composición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de diseño.
Elementos deseables para el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del dispositivo • Volumen del diseño 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación en el dispositivo.

Nota: Figura [1] Casco de protección craneal de neopreno / Balaguer (2019)

Figura [2] Inserto de sombrero de béisbol / <https://share.google/Mrj3ASjFJo1MR3AVx> (2018)

1.2.2 Dispositivos de protección craneal con tecnología implementada.

En la *Tabla 2* se muestran dispositivos de protección craneal con la aplicación de la tecnología; estos elementos no solo protegen la cabeza, sino que, además, cumplen con una segunda función según la necesidad de su usuario objetivo, implementando la tecnología para lograr este atributo adicional.

Tabla 2: Dispositivos de protección craneal con tecnología aplicada.

Objeto	Casco MK1S Smart Helmet	Casco inteligente para minimizar los riesgos laborales.	Hovding
Imagen	 [3]	 [4]	 [5]
Usuario Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> Motociclistas jóvenes y adultos. 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajadores en el área de la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclistas jóvenes y modernos.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Realiza comunicación del casco a un dispositivo móvil mediante wifi y Bluetooth Proporciona alertas de tráfico, peligros en la carretera, clima adverso y radares de velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Mide indicadores como el estrés térmico, la altura a la que se encuentra el usuario y las caídas que pueda padecer el usuario. Cuenta con una alarma para situaciones de riesgo Genera el registro de la cantidad de trabajadores que se encuentran en una zona. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo innovador. Función automática mediante sensores. Almacena información sobre lugares en donde se ha presentado un evento de caída. Pesa 800 gramos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de gran peso. Dispositivo de gran volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> No se encuentra a la venta actualmente. 	<ul style="list-style-type: none"> El diseño del dispositivo tiene mucho volumen.
Elementos deseables en el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Peso ligero Diseño para el uso cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> Volumen del dispositivo. 	<ul style="list-style-type: none"> Comunicación del artefacto con un dispositivo móvil. Diseño discreto para el usuario.
Elementos a considerar	<ul style="list-style-type: none"> Circuito para realizar comunicación del artefacto a un dispositivo móvil. 	<ul style="list-style-type: none"> Almacenamiento de información. Aplicación de la tecnología Narrowband. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de función automática. Implementación de circuitos para la determinación en la orientación del usuario.

Nota: Figura [3] Casco MK1S Smart Helmet / <https://motodinamia.com/motos-casco-inteligente-mk1-helmet/>

Figura [4] Casco Inteligente para minimizar los riesgos laborales

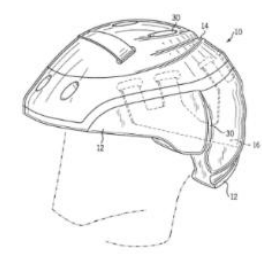

<https://gestion.pe/tecnologia/casco-inteligente-minimizar-riesgos-laborales/>

Figura [5] Hovding / <https://purodiseno.lat/innovacion/un-casco-inflable-para-ciclistas/>

1.2.3 Patentes de dispositivos de protección craneal.

La Tabla 3 corresponde a dispositivos de patentes encontradas en la página web de PANTENTSCOPE (Buscador de patentes a nivel internacional); estos dispositivos son para la protección craneal, pero cuentan con un nuevo método para su elaboración o con un concepto diferente al tradicional.

Tabla 3: Patentes de dispositivos de protección craneal.

Objeto	Casco moldeado por inserción.	Dispositivo de protección para la cabeza de una persona.
Imagen	 [6]	 [7]
No. de patente	EE.UU. N° 5.515.546	ES N° 2 173 458 T3
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Es un casco autoajustable gracias a su moldeo por inserción. • Contiene un compartimiento de almacenamiento. • Es fácil de transportar. • Son cómodos • No son engorrosos • Es plegable 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatización para la protección. • El concepto de diseño es innovador. • Detector de movimiento desde el estado de reposo hasta un impacto por una caída mediante un sensor. • Protege la columna vertebral transportando las fuerzas de una caída hacia los hombros.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere una correa en la barbilla para mejorar la estabilización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si la fuerza de impacto es muy grande se pueden producir roturas de clavículas. • No es cómodo para realizar actividades corporales. • No cuenta con un sensor automáticamente controlado en caso de sufrir un accidente.
Elementos deseables en el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del dispositivo. • Volumen del diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso no ligero. • No genera comunicación mediante un sistema de alerta.
Elementos a considerar	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de pivotes en horizontal y vertical. • Dispositivo plegable • Dispositivo Autoajustable 	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar los siguientes conceptos para la elaboración de función: Apertura, accionamiento, acumulador de energía, sujeción.

Nota: Figura [6] Propuesta de patente EE. UU. No. 5.515.546 López (2002)

Figura [7] Propuesta de patente ES. No. 2 173 458 T3 Eugen (2002)

1.2.4 Dispositivos de protección craneal con impresión 3d

Los diseños para ciclistas han permitido la implementación de 3D para generar diseños modulares u orgánicos que logren absorber el impacto. Esta técnica, al aplicarse de manera correcta, tiene como ventaja reducir los riesgos de impacto de manera exponencial, además de reducir el peso del dispositivo. En la *Tabla 4*, se observan las características de algunos diseños existentes del mercado.

Tabla 4: Diseños de cascos implementando la impresión 3D

BRONTAGER WAVECEL				
 [8]	<p>Descripción</p> <ul style="list-style-type: none"> • WaveCel es un material de celdas retráctil. • WaveCel conforma el MIPS del casco. • Peso: 53 gramos. • Las celdas se mueven y deforman de manera independiente. • Absorbe la energía mediante 3 fases: Flexión, contracción y deslizamiento. • Reborde del contorno formado a partir de espuma de EPS. 			
	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">Desventajas</td> <td style="text-align: center;">Ventajas</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • No soporta múltiples impactos. • Tienen un corto tiempo de vida. • El material WaveCel no se vende por separado. </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Es 48 veces más seguro que un casco tradicional. • Está en 3 diferentes medidas, abarcando a todo tipo de usuarios. • Es considerado más cómodo que un casco convencional por su excelente adaptación. • El flujo del aire es mejor a los cascos de EPS convencionales. • Tiene una capa protectora que evita tirones de pelo o rozaduras. </td> </tr> </table>	Desventajas	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No soporta múltiples impactos. • Tienen un corto tiempo de vida. • El material WaveCel no se vende por separado.
Desventajas	Ventajas			
<ul style="list-style-type: none"> • No soporta múltiples impactos. • Tienen un corto tiempo de vida. • El material WaveCel no se vende por separado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es 48 veces más seguro que un casco tradicional. • Está en 3 diferentes medidas, abarcando a todo tipo de usuarios. • Es considerado más cómodo que un casco convencional por su excelente adaptación. • El flujo del aire es mejor a los cascos de EPS convencionales. • Tiene una capa protectora que evita tirones de pelo o rozaduras. 			
HEXR				
 [9]	<p>Descripción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Casco completamente adaptable a la cabeza de cada usuario, gracias a su ajuste automático. • Elaborado con un material vegetal: Poliamida-11, elaborado 100% con aceite de ricino. • Utiliza la tecnología de sinterización por láser. • Sus paredes tienen un grosor de 0.1 mm. • El acabado es de color negro para evitar que la luz ultravioleta dañe el material. 			
	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">Desventajas</td> <td style="text-align: center;">Ventajas</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Su proceso de fabricación es lento • Solo tienen una eficiencia de absorción de energía del 30% </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Cascos a medida. • Tiene un 26% menos de posibilidades de sufrir una lesión cerebral a comparación de los cascos de espumas. • Es el casco con mayor ajuste en el mercado. • Tiene un largo tiempo de vida. </td> </tr> </table>	Desventajas	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Su proceso de fabricación es lento • Solo tienen una eficiencia de absorción de energía del 30%
Desventajas	Ventajas			
<ul style="list-style-type: none"> • Su proceso de fabricación es lento • Solo tienen una eficiencia de absorción de energía del 30% 	<ul style="list-style-type: none"> • Cascos a medida. • Tiene un 26% menos de posibilidades de sufrir una lesión cerebral a comparación de los cascos de espumas. • Es el casco con mayor ajuste en el mercado. • Tiene un largo tiempo de vida. 			
VORONOI				
 [10]	<p>Descripción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborado con impresión 3D y la técnica paramétrica. • Tiene un aspecto más orgánico. • El interior tiene un refuerzo de fibra de carbono y una espuma de memoria. 			
	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">Desventajas</td> <td style="text-align: center;">Ventajas</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Al tener contacto directo con el exterior, es juzgado por tener contacto con la suciedad del exterior y los insectos. </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • La fibra de carbono le da más solidez y resistencia. • Se consigue más ligereza implementado este diseño. • Es capaz de disminuir los daños, distribuyendo la energía de un posible impacto desde el centro del casco a otras áreas. </td> </tr> </table>	Desventajas	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Al tener contacto directo con el exterior, es juzgado por tener contacto con la suciedad del exterior y los insectos.
Desventajas	Ventajas			
<ul style="list-style-type: none"> • Al tener contacto directo con el exterior, es juzgado por tener contacto con la suciedad del exterior y los insectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La fibra de carbono le da más solidez y resistencia. • Se consigue más ligereza implementado este diseño. • Es capaz de disminuir los daños, distribuyendo la energía de un posible impacto desde el centro del casco a otras áreas. 			

Nota: Figura [8] Brontager Wavecel / <https://northstarsportsvt.com/pages/wavecel-helmet-technology>

Figura [9] Hexr / <https://hexr.com/blogs/all/how-a-hexr-is-made-1>

Figura [10] Voronoi / <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-bicycle-helmet-voronoi-190820204/>

1.3 Marco teórico

Según el IMSS (2015), los adultos mayores son los más propensos a sufrir algún tipo de caída; su debilidad muscular, alteraciones en su caminar y equilibrio, enfermedades en el corazón, disminución de la vista, uso de bastones y andaderas de una manera inadecuada, así como efectos de algunos medicamentos de consumo, son algunos de los factores que incrementan los riesgos. Una caída en un adulto mayor ocurre cuando a la persona afectada se le dificulta mantener una posición adecuada estando sentado, acostado o de pie.

“Las caídas constituyen uno de los síndromes geriátricos más importantes por su alta incidencia y por su alta morbimortalidad” (Álvarez, 2016, p. 807). Las caídas en las personas mayores pueden generar graves secuelas, como lo es la mortalidad o discapacidad. Se estima que un 7% de las consultas clínicas que sufren los adultos mayores son a consecuencia de una caída, y el 40% de ellas terminan en una hospitalización. Las caídas en las mujeres antes de los 75 años de edad son más frecuentes, y tienen el doble por ciento más de probabilidad de sufrir una secuela seria a raíz de una caída; aunque la tasa de mortalidad de los hombres es mayor, se estima que esto se debe a que el tipo de caídas que sufren es distinto. De igual manera, las personas adultas que son dependientes en sus actividades tienen un 78% más de probabilidad de sufrir una caída. Por otro lado, la vulnerabilidad de sufrir una caída se relaciona con aspectos como la ansiedad y depresión, generando el síndrome pos caída; este síndrome lo sufren en mayor cantidad las mujeres.

Álvarez (2016) señala que, además, existe una dificultad para levantarse después de sufrir una caída en el 50% de los casos; se estima que el 10% de los casos permanece en el suelo por más de una hora, teniendo posibles consecuencias como la deshidratación, infecciones, trastornos psicológicos e hipotermia, generando la muerte en el 90% de los casos. Por otro lado, los factores que se involucran en una caída se dividen en dos: Intrínsecos y extrínsecos. Los primeros se componen únicamente del estado de salud del adulto mayor y los segundos corresponden a los factores ambientales del entorno arquitectónico o de elementos de uso personal; este factor está constituido por el 50% de las caídas.

La OMS (2018) clasifica las caídas de la siguiente manera:

Caída accidental: Provocada por una causa al adulto mayor y que no vuelve a repetirse en un largo lapso de tiempo determinado, por ejemplo, un tropiezo.

Caída repetitiva: Se refiere a la permanencia de factores predisponentes, por ejemplo, las enfermedades crónicas múltiples.

Caída prolongada: Denominada así porque en este tipo de caída el adulto mayor permanece en el suelo por más de 15 o 20 minutos, debido a la dificultad por levantarse sin ayuda. Los adultos mayores que sufren principalmente este tipo de caídas son aquellos que tienen 80 años o más, debido a la debilidad de sus miembros.

Tarrillo L. (2019) divide las caídas en los siguientes dos tipos:

Caídas en un mismo nivel: Estas caídas son aquellas que se producen a nivel de suelo o en el plano de sustentación; estas caídas ocurren con mayor frecuencia, son causadas principalmente por resbalones y tropiezos, son menos severas que las caídas a niveles elevados e incluyen lesiones de espalda, quebraduras de huesos, esguinces y torceduras.

Caídas de un nivel elevado: Ocurren en un nivel distinto al plano inferior al de sustentación; estas caídas son menos frecuentes, resultan de lesiones más severas o incluso pueden causar la muerte. Entre las más comunes se encuentran las caídas en las escaleras, edificios, plataformas u otras estructuras.

A pesar de que no todas las caídas generan secuelas graves, en la edad adulta mayor aumenta el riesgo de sufrir consecuencias graves tras una caída; esto se debe a la fragilidad en la que se encuentra el cuerpo por la naturaleza del desgaste en la vejez.

Aunque no se puede evitar el riesgo de sufrir una caída en las personas de la tercera edad, sí se puede evitar la amenaza de sufrir lesiones graves mediante el uso de aparatos de seguridad en las partes del cuerpo que se encuentren más expuestas o aquellas zonas que son de mayor importancia, por ejemplo, la cabeza.

La cabeza protege uno de los órganos más importantes del ser humano: el cerebro. Su importancia radica en ser el órgano central; controla todas las funciones vitales, el pensamiento, las emociones, el movimiento y la memoria. El cerebro funciona como una supercomputadora encargada de procesar toda la información sensorial y generar respuestas; gracias a su comportamiento podemos diferenciarnos como seres humanos e interactuar con el mundo de manera única, permitiéndonos reaccionar ante cualquier acontecimiento del entorno, activando el instinto de supervivencia. Además, es el único órgano del cuerpo humano que no puede ser reemplazado por ningún tejido natural o artificial. Es por eso la importancia de proteger la zona craneal.

1.4 Planteamiento del problema

Ontiveros et al. (2014) afirman que a nivel mundial 1.2 millones de personas fallecen a causa del traumatismo craneoencefálico; los países en donde se presenta un mayor número de muertes provocadas por esta lesión son aquellos en donde no se suelen aplicar medidas de prevención y no se encuentran preparados para enfrentar esta problemática; entre estos países se ubica México.

Como es bien sabido en muchas de las comunidades de la República Mexicana no cuentan con el equipo necesario para enfrentar una lesión de este tipo, prologando así la intervención médica para estabilizar a una persona afectada, además uno de los factores de riesgo que pueden generar un traumatismo craneoencefálico en personas de la tercera edad es presentar una caída de bajo impacto y como lo menciona la Revista de Medicina del IMSS (2022), las caídas se incrementan por los factores extrínsecos que se ven notablemente en el país, su mala infraestructura y la escases de equipos de seguridad necesaria en sus vías públicas para un tránsito seguro en personas mayores y discapacitadas aumentan la posibilidad de sufrir una caída y con ella el riesgo de padecer un traumatismo encefálico craneal. Esta situación puede afectar de manera considerable a las personas adultas mayores de ambos géneros (hombre y mujer), en un rango mayor o igual a los 60 años de edad. La población total de estas personas es de 17 958 707 habitantes, representando el 14% de la población total mexicana; es un número considerable de posibles afectados por esta problemática.

Por otro lado, los acontecimientos generados por una caída en un adulto mayor ocasionan no solo un malestar físico, sino también psicológico, teniendo como resultados personas adultas que se sienten dependientes de un cuidador; en caso de no tenerlo, la persona adulta se siente insegura y con un miedo constante al no ser auxiliada en algún ataque nervioso que le haga perder el equilibrio, ya que, a pesar de existir dispositivos que protejan la zona craneal, los efectos de una caída pueden ocasionar severas lesiones en otras partes del cuerpo. Villar et al. (2002) mencionan que unos de estos golpes pueden ser los golpes de cadera.

Debido a esta situación, se encuentra la necesidad de que las personas afectadas tengan una comunicación constante con un allegado o un familiar cercano al momento de un impacto, generando de este modo la seguridad de que, al sufrir una caída durante la marcha, sin importar el lugar de ubicación en donde se genera el evento, la persona pueda ser auxiliada por su allegado en comunicación directa. La implementación de comunicación entre el dispositivo que se diseñará debe generar una alerta para informar a un familiar que el adulto mayor ha sufrido una caída. Encontrando de esta manera dos usuarios involucrados: El usuario principal hace referencia al adulto mayor que portará el dispositivo de protección craneal, y el usuario secundario será aquella persona receptora del aviso de alerta en caso de que el usuario principal sufra alguna caída.

El problema será abordado con la aplicación del diseño y la tecnología. El tipo de tecnología que será implementado requiere ser de utilidad no solo en los aspectos del diseño, sino además en cuanto a la transmisión de información, como es la ubicación y aviso sobre cuando el usuario sufra una caída. El microprocesador que se implementó para elaborar la comunicación es el HC - 05 debido a sus características como peso, tipo de comunicación y dimensiones, desarrollando en el proceso del diseño la mejor ubicación de los demás circuitos para elaborar un diseño funcional, además de enlazar la información generada a un dispositivo móvil de un familiar; estas acciones son justificadas por la necesidad que existe de generar independencia y autonomía al usuario directo.

1.5 Justificación

En México se contempla que una gran parte de la población sufre caídas constantes, ya sea por su estado de salud desde el nacimiento o por su edad. Estas caídas pueden traer consecuencias graves en las personas, tales como los traumatismos craneoencefálicos; por ello se detecta la necesidad de realizar un proceso de investigación y desarrollo de producto para generar una solución ante esta problemática, principalmente en México, ya que no cuenta con un objeto que resuelva este problema. Uno de los grandes beneficios al resolver esta problemática es la disminución de la tasa de mortalidad, principalmente en las personas adultas mayores, porque son las más vulnerables del sector.

Ante la solución de este problema se podrá generar un beneficio en el sector salud y en el sector social, debido a que se reduciría notablemente el riesgo de sufrir daños severos en la zona craneal por consecuencia de una caída, disminuyendo de igual manera los gastos médicos por caídas constantes y beneficia también a la familia o allegados de los usuarios porque representa un gasto menor a largo plazo. En el caso particular de las personas mayores, el sector se beneficia al generar seguridad y autonomía, ya que es un producto que impulsa su independencia, dejando así de un lado ser cuidado o vigilado constantemente por un allegado o familiar.

Por último, se hizo hincapié en implementar la interacción de la tecnología con la finalidad de elaborar un producto de agrado para el usuario, realizando un artefacto protector lo más discreto posible, para que los usuarios directos puedan hacer uso de él como parte de su vida diaria sin sentir incomodidad por llamar la atención por el uso de un casco convencional, además de implementar un sistema de comunicación que podrá advertir a un usuario secundario cuando la persona mayor sufra una caída, y así esta persona pueda acudir a su auxilio.

El proyecto final consistió en diseñar un objeto cuya finalidad es proteger las zonas craneales más frágiles de los adultos mayores para reducir los riesgos de sufrir algún accidente cerebrovascular al momento de una caída. Este objeto debe cumplir con características muy específicas; debe ser discreto, resistente, seguro, funcional y auxiliar en comunicación a impactos mediante la implementación de un microprocesador HC - 05, junto con una correcta selección del material. Con la finalidad de generar independencia y seguridad no solo física, sino personal, en el usuario.

1.6 Objetivos y metas

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un dispositivo que proteja la zona craneal occipital y lateral para disminuir los efectos en una caída de bajo impacto, asociado con un microprocesador a fin de implementar un sistema de comunicación para asistir a la persona en un evento provocado por la falta de equilibrio en adultos mayores.

1.6.2 Objetivos específicos y metas

a) Investigar las especificaciones físicas del producto.

Primera meta: Elaborar una tabla de especificaciones del producto (elemento, medidas, materiales y peso).

b) Determinar las necesidades y antropometrías del usuario.

Segunda meta: Elaborar cuatro propuestas de concepto.

Tercera meta: Realizar una tabla de medidas antropométricas de las diferentes morfologías craneales en adultos mayores, así como las diferentes partes del cuerpo que van a intervenir con el uso del objeto a diseñar.

c) Implementar el circuito en el concepto del diseño.

Cuarta meta: Elaborar un diagrama de flujo implementando la comunicación en el dispositivo.

Quinta meta: Pruebas de posibles fallos con el método de AMFE (Análisis Modal de Fallos y sus Efectos).

d) Realizar un análisis de ingeniería a nivel software.

Sexta meta: Elaborar análisis mediante ANSYS del dispositivo, para determinar su comportamiento mecánico.

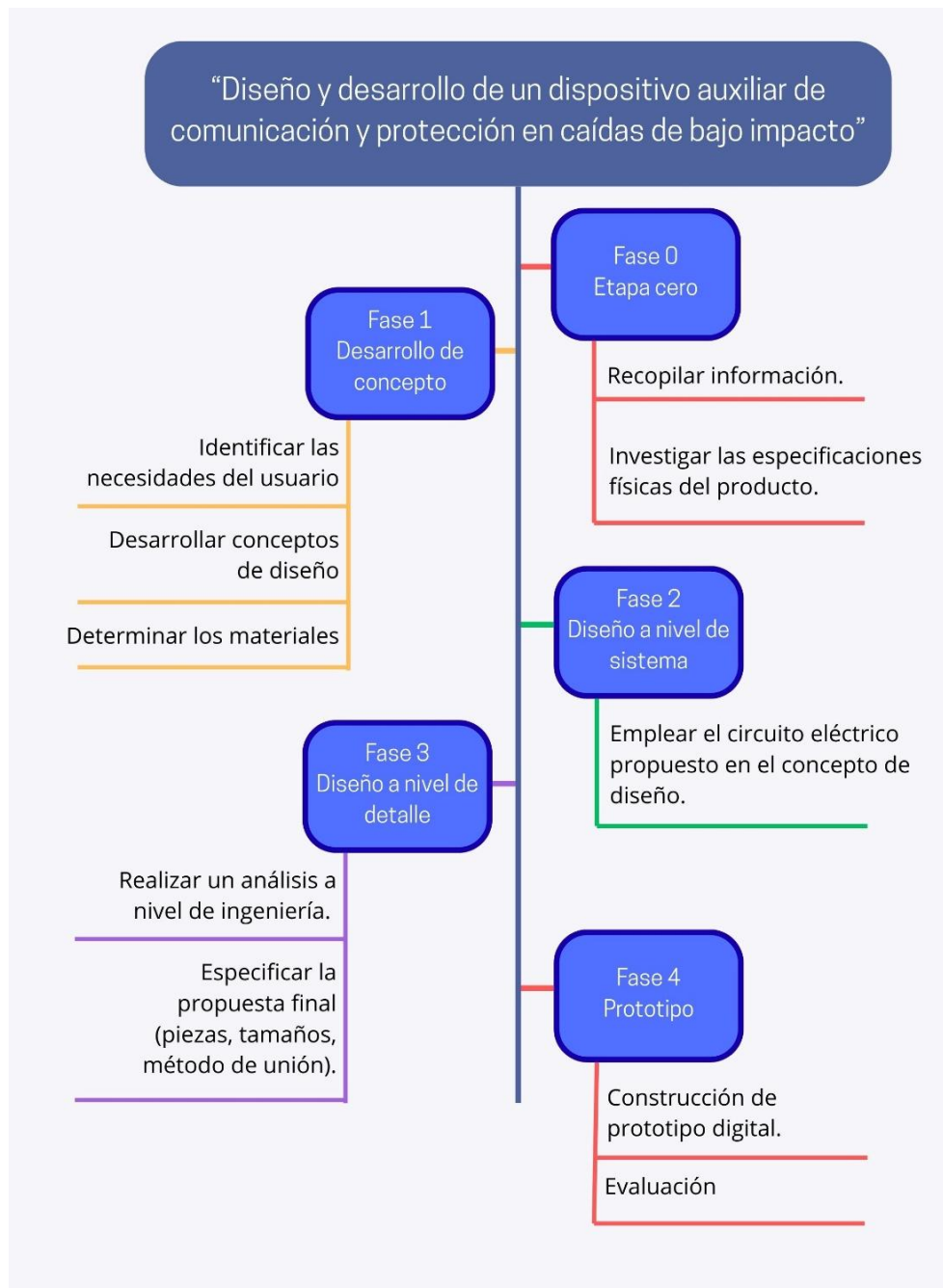
e) Evaluar el prototipo digital.

Séptima meta: Elaborar una tabla comparativa de usabilidad de todas las propuestas realizadas.

1.7 Metodología

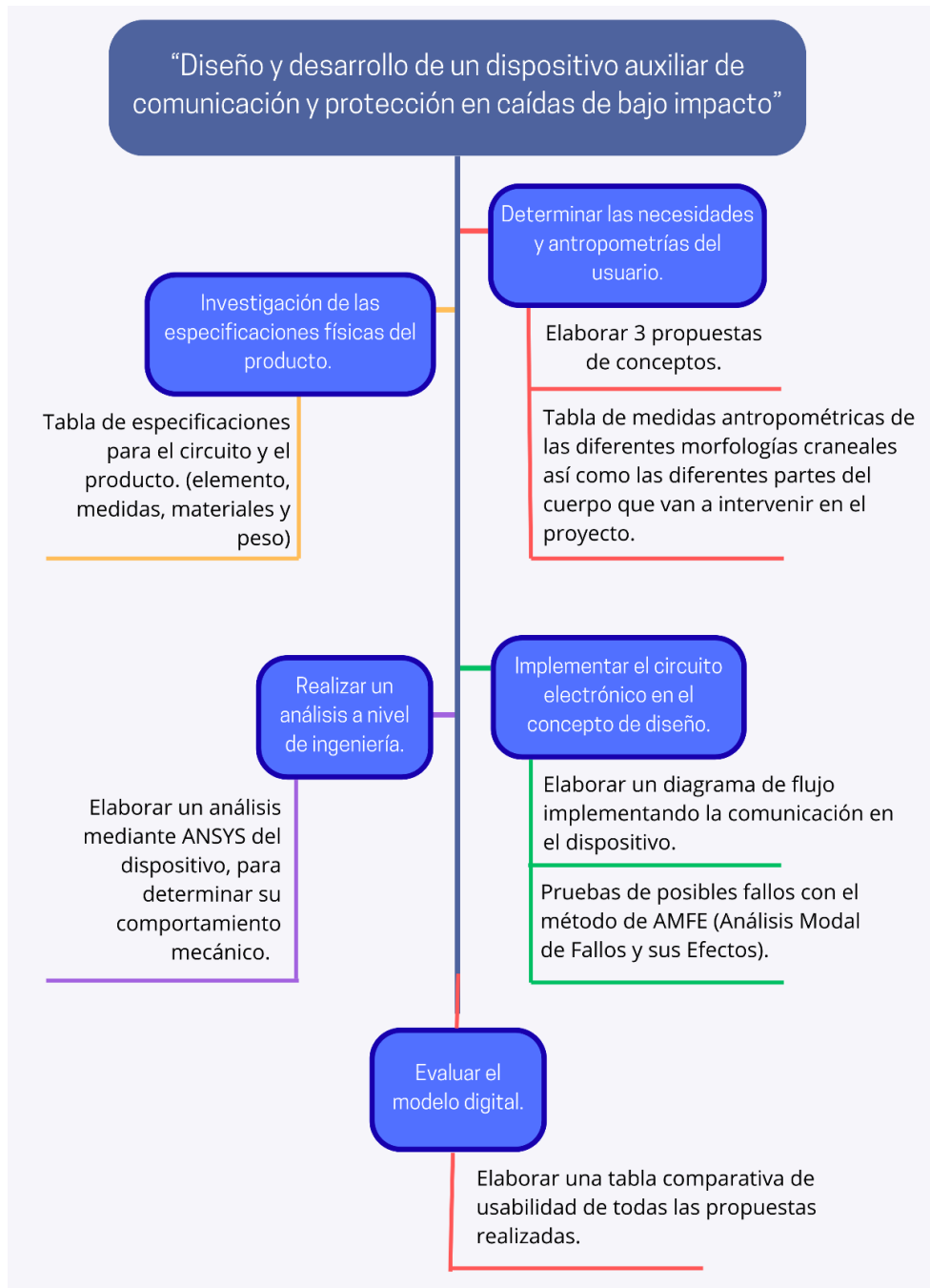
Al determinar las características y actividades a desarrollar, se llegó a la conclusión de implementar la metodología de Kart T. Ulrich propuesta en su publicación titulada “Diseño y Desarrollo de Productos Multidisciplinarios”, 3.ª edición, 2004. El procedimiento fue adecuado a la metodología propuesta, como se observa en la *Figura 1*.

Figura 1: Metodología para el Diseño y Desarrollo de Productos Multidisciplinarios.



En la Figura 2 se observa el proceso metodológico aplicando los objetivos específicos con sus respectivas metas

Figura 2: Metodología de Ulrich enfocado a productos multidisciplinarios, con relación a objetivos y metas.



Resumen del capítulo

El objetivo principal de este capítulo es determinar las limitantes del proyecto, desde el planteamiento del problema, en donde se describen datos fundamentales para entender por qué esta situación afecta a miles de familias mexicas, hasta la metodología, en donde se aplican mediante un proceso los objetivos específicos y metas para concluir en un resultado que abarque el objetivo principal.

En el estado del arte y antecedentes se realiza una pequeña investigación para un entendimiento básico pero preciso sobre lo existente y con esto poder determinar aquello que puede ser de uso para el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 El adulto mayor

Córdova J. (2010) informa que el envejecimiento se da en todos los seres vivos; sin embargo, el adulto mayor hace referencia a la edad senil a la que llegan la mayoría de los seres humanos; esta edad ronda a partir de los 60 años. Conforme el ser humano envejece, comienza a presentar una disminución en la totalidad de sus funciones, a excepción de las bacterias y la hidra. Entre las discapacidades que comienzan a tener, se encuentran las de movimiento, mentales y reproductivas, siendo estas reducidas o eliminadas en su totalidad.

Por otro lado, el IMSS (2021) proporciona que en el año 2021 por cada 100 habitantes se encuentran 12 adultos mayores; si el crecimiento fuera constante en los próximos 40 años, se estima que para el año 2050 la cifra será de 23 adultos mayores por cada 100 habitantes, obteniendo un aumento de 13.7 millones de adultos mayores, estimando un total de 33.4 millones de habitantes para el 2050. Donde se residen en su mayoría los adultos mayores son Ciudad de México (16.5%), Veracruz (13.2%) y Morelos (13.05).

Salud: En el 2021, en el sector salud, la población adulta mayor equivalía al 80.2% de los pacientes atendidos en el ISSSTE.

Educación: Los adultos mayores registrados en el 2021 cuentan en un 45.9% con estudios básicos, 17.5% no cuentan con escolaridad alguna, 12.5% tienen un nivel académico básico, 10.4% concluyeron una licenciatura y el 9.2% cursó algún grado de educación media superior o equivalente.

Discapacidad: Según datos del Censo de Población y Vivienda 2020, el 52.4% de los habitantes adultos mayores sufren algún tipo de discapacidad, limitación o problema de condición mental. De cada 10 adultos mayores, 6 presentan algún tipo de limitación, mientras que los otros cuatro sufren una discapacidad. Los estados con mayor número de personas en estas condiciones son Oaxaca (62.7%), Guerrero (61.4%) y Zacatecas (59.3%).

Para mejorar la vida del adulto mayor, Olivares R. (2015) propone que debe existir un estado de bienestar físico, social, emocional, espiritual, intelectual y ocupacional que le permita al individuo satisfacer apropiadamente sus necesidades individuales y colectivas.

La Organización Panamericana de la Salud, por otro lado, proporciona la siguiente serie de principios para mejorar la calidad de vida en el adulto mayor:

- Independencia
- Participación
- Cuidado
- Autorrealización
- Dignidad.

Mejorar la calidad de vida es un tema de interés no solo para el adulto mayor mismo y sus familiares, sino para toda la sociedad en general, porque la calidad en la vejez se relaciona de manera importante con la seguridad económica de un país. La importancia radica en formar a los adultos mayores en personas que participen como miembros activos de una comunidad.

Uno de los factores que disminuye la calidad de vida son los déficits de salud. Algunos de estos son originados por un mal golpe en alguna zona de la cabeza, ya que existen golpes de muy bajo impacto, pero con severas consecuencias, como falta de equilibrio o mareos.

Para mejorar la calidad de un adulto mayor, es necesario el compromiso social y familiar, para dar apoyo afectivo y material. Tener armonía interior es indispensable para lograr el propósito de un “buen envejecimiento”; además, es necesario analizar el comportamiento y la actitud del adulto mayor ante tal cambio de desarrollo, “la vejez”.

El presente proyecto podrá ayudar a desarrollar algunos de los principios para mejorar la calidad de vida, como lo son la independencia, debido a que el adulto mayor podrá tener la seguridad de que, al sufrir este una caída, un familiar, cercano o cuidador tendrá conocimiento de tal acontecimiento y podrá ir a auxiliarlo inmediatamente gracias a la función de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) agregada. De esta manera si el adulto mayor se encuentra solo, no sentirá el temor a no poder ser vigilado por si sufre una caída, o sufrir un golpe en la cabeza que le genere algún tipo de consecuencias.

2.2 Dispositivos de protección craneal

Connell, M. (2001) informa que los dispositivos de protección craneal (casco) han estado en el mundo por años. Los primeros cascos surgieron en la antigua Mesopotamia alrededor del 2500 a.C.; usados para proteger a los guerreros de cortes, eran elaborados de cuero, bronce, hierro y acero. No fue hasta que, en el siglo XX, surgió la necesidad de un casco que protegiera la cabeza en ciclistas y, seguido, se desarrolló un dispositivo de protección craneal para motociclistas. Fue aquí donde Charles Lombard patentó un diseño con exterior sólido e interior acolchonado.

Es así como los cascos han tenido un cambio simbólico, gracias a la transformación de ser un dispositivo de protección militar en donde representaba no únicamente protección, sino además poder, a ser un dispositivo de seguridad civil, usado para proteger la zona craneal de cualquier persona que lo requiera; es posible que todos contemos con esta protección cuando lo requiramos sin la necesidad de ejercer ningún puesto importante.

Actualmente, existe una diversidad de dispositivos de protección craneal para diferentes usuarios; cada uno de ellos ha sido diseñado para un usuario objetivo, desde adultos mayores hasta jóvenes estudiantes.

Pan, C. S., Kumar, S., & Shankar, M. (2020) mencionan que el principal factor de cambio en el diseño de un dispositivo de protección craneal es la fuerza de impacto que va a recibir; existen cascos de bajo, mediano y alto impacto y de estos dependen múltiples características como peso, volumen, costos, entre otros. Además, gracias al avance tecnológico, es posible aplicar una segunda función a los dispositivos de protección craneal, por ejemplo, la implementación de comunicación o el registro de datos como factores de riesgo, pulso cardíaco, niveles de oxigenación, entre otros. Este tipo de aplicaciones e innovación incrementan la seguridad de la persona que porta el casco; es por eso la importancia de seguir innovando este tipo de dispositivos, para abarcar más necesidades y reducir más riesgos.

Como último dato, se registran dispositivos modernos diseñados principalmente para ciclistas; este tipo de usuarios, si bien pueden recibir algún golpe en la zona craneal, el impacto puede ser de mediano o menor impacto, por lo que la aplicación de nuevos materiales y diseños es viable.

Kang, H., Jung, J., & Kim, S. (2021) da a conocer que los diseños que comienzan a aplicarse son mediante un proceso de producción llamado impresión 3D. Estos diseños son elaborados con formas orgánicas, paramétricas y llevan un patrón de diseño; no son los típicos cascos con carcasa rígida, sino más bien son diseños con mayor ventilación y deformación. Estas propuestas absorben de mejor forma la fuerza de impacto, es decir, pueden soportar una fuerza mayor de contacto; son modernos y estéticamente aprobados por los usuarios, pero además son más ligeros y su nivel de producción es menor en costo gracias a la pequeña cantidad de material usada para su elaboración.

2.3 Las caídas en los adultos mayores

El Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (2015) señala que

Las caídas son acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga, generando diversas consecuencias. En las personas adultas mayores, las caídas representan un factor importante para la afectación de la salud; por ello, su prevención y atención resultan de suma importancia, ya que permiten la eliminación o disminución del riesgo, detener su avance y atenuar sus consecuencias mediante diversas actividades. (p. 4).

Ruelas & Salgado (2008) afirman que las complicaciones en las caídas surgen por los cambios propios del envejecimiento, llevando al adulto mayor a un estado de fragilidad con diversas situaciones que incrementan el riesgo de presentar eventos adversos. Además de existir otros factores mostrados en la imagen X como el sexo, la edad, escolaridad, empleo, ingresos, ambiente físico y social, seguridad, capital social, estilo de vida, entorno no seguro y urbanización. Estos factores de riesgo se observan en la *Figura 3*.

Figura 3: Factores de riesgos de las lesiones no intencionales



Nota: Diagrama de los tres niveles de factores de riesgo en las lesiones no intencionales. Fuente: Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores. Basado en Academia Nacional de Medicina. (2014)

2.4 Lesiones y accidentes cerebrales en adultos mayores

El presente proyecto tiene como objetivo reducir el riesgo de sufrir un traumatismo craneoencefálico, entre los que se encuentran las lesiones focales, las cuales, como señala BBC News (2014), se producen a raíz de un impacto directo generado por una caída o agresión física.

Este tipo de impactos puede provocar una afectación en una región específica del cerebro, manifestándose como coágulo o hematoma, aumentando la presión arterial, cortando el oxígeno y, consecuentemente, produciendo la muerte de las células cerebrales.

World Health Organization (2006), menciona que las lesiones focales se generan cuando el cerebro choca contra la pared opuesta al sitio de impacto. Este fenómeno ocurre debido a que el cerebro se encuentra suspendido en el líquido cefalorraquídeo, lo que permite cierta libertad de movimiento cuando se presenta un impacto brusco en la cabeza.

Muños M. (2014) explica que un ACV es un tipo de enfermedad cerebrovascular (ECV) y se da cuando el flujo de la sangre en una parte del cerebro se detiene. También se le conoce como “ataque cerebral”. Con el aumento de los años, en un adulto mayor se incrementan las posibilidades de sufrir un ACV, aumentando en un 50% a partir de los 55 años.

Greenberg, M. S. (2019) también informa que otro tipo de traumatismos craneoencefálicos que pueden surgir como consecuencia de una caída son los siguientes:

Concusión o conmoción cerebral: Lesión cerebral traumática y se genera una alteración temporal del funcionamiento normal del cerebro.

Contusión cerebral: Se produce por el contacto del cerebro con las paredes del cráneo, principalmente en los polos frontales, occipitales y temporales. Este tipo de lesiones puede llegar a ser hemorrágico.

Hematoma extradural o epidural: Lesión grave, en donde se ve afectada principalmente la arteria meníngea media (situada en la parte temporoparietal del cráneo).

Hemorragia intraparenquimatosa: Ocurre cuando se rompe un vaso sanguíneo dentro del tejido cerebral; este tipo de lesiones es rápidamente expansiva.

2.5 La cabeza y el cráneo

2.5.1 La cabeza

El proyecto consiste en diseñar un dispositivo que proteja la zona craneal; por esta razón es importante conocer la importancia del cráneo, así como sus funciones y principales debilidades.

Según Horcajada González R. (s. f.), el cráneo constituye el esqueleto óseo de la cabeza, albergando el encéfalo y los órganos de los sentidos, da soporte estructural a la cara y contiene los tramos iniciales del aparato respiratorio y gastrointestinal. Además, el cráneo protege el órgano vital del cuerpo humano, el cerebro.

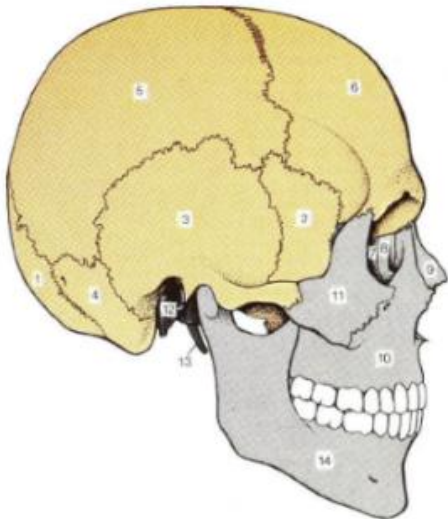
La división del cráneo se conforma de dos partes; en la *Figura 4* se observa una sección en amarillo; esta partición pertenece al neurocráneo que contiene el encéfalo, y la segunda sección se muestra en color gris y corresponde a la zona facial del esqueleto.

En términos particulares, la constitución del cráneo se divide en 8 huesos, 4 únicos y mediales: frontal, etmoides, esfenoides y occipital, y dos pares laterales: temporal y parietal.

"El cerebro está protegido por el cráneo, pero la parte superior del cuello es vulnerable", explicó a la BBC Peter Hutchinson, profesor de neurocirugía de la Universidad de Cambridge.

Menciona Funch. M. (2015), que el cráneo termina su estado de madurez a la edad de los 21 años, siendo en esta edad el volumen máximo que puede tener el cráneo humano, y este no sufrirá ningún cambio en los siguientes años, excepto en los huesos de la cara, ya que las prolongaciones serán más profundas o largas.

Figura 4: División de la cabeza

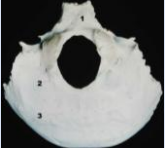





Nota: La siguiente imagen muestra la división del cráneo. Fuente: Horcajada R. (2016)

2.5.2 El cráneo

El cráneo se compone de 8 huesos y 4 puntos de unión o suturas. El dispositivo de protección craneal a diseñar tiene como objetivo proteger las partes más frágiles del neurocráneo. Esta sección de la cabeza se compone de 4 huesos que pueden ser observados en la *Tabla 5* que se muestra a continuación.

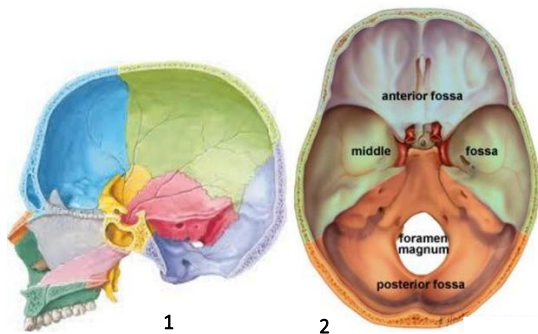
Tabla 5: Huesos craneanos del neurocráneo

Occipital		Parietal	
	Ocupa la parte posterior, inferior y media del cráneo.		Ocupa la mayor parte del cráneo. Su parte interna es cóncava, tiene un sistema de surcos que ramifican las ramas, arterias y venas.
Temporal			
	Situada en la parte lateral, anterior y baja del cráneo. Este hueso se encuentra cubierto por el músculo homónimo.		Se conforman de uno o más puntos de osificación reunidos posteriormente.

Nota. Datos y figuras tomadas de Acuña M. (2009)

El cráneo se conforma de dos curvas; estas se pueden observar en la *Figura 5*. La primera se llama curva sagital y corresponde al corte en un plano lateral derecho, y la segunda curva se denomina transversal y comprende el corte en un plano superior del cráneo.

Figura 5: Curva sagital y transversal.



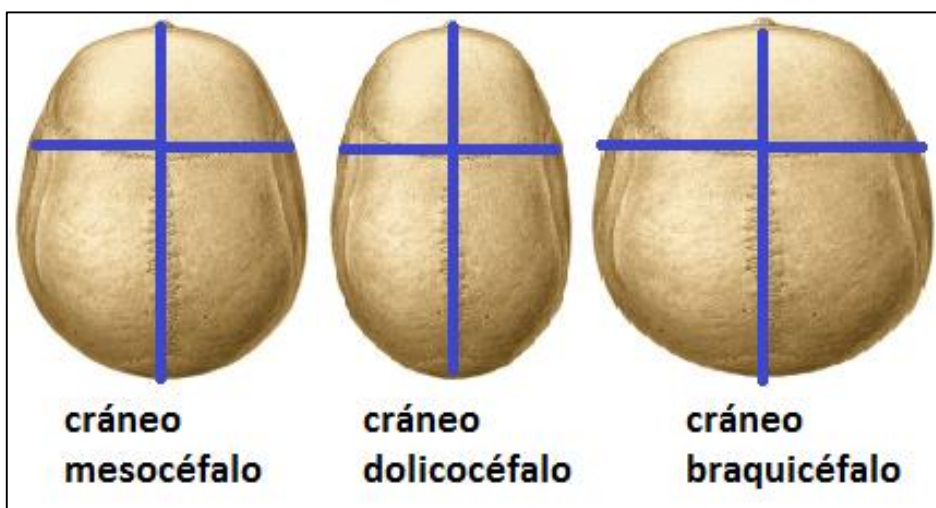
Nota. 1 – Corte Sagital, 2 – Corte transversal. Fuente: Barbosa O. (2019).

La longitud de las curvas varía según su morfología; existen 3 tipos de morfologías craneanas, observadas en la *Figura 6*. El cráneo promedio es el mesocefálico o mesocéfalo; sin embargo, también se encuentra el dolicocefálico o dolicocefalo; este tipo de cráneo es aquel que se expandió más a nivel vertical y, por último, se encuentra el braquicefálico o braquicéfalo; este cráneo tiene una mayor expansión a nivel horizontal. Esto se debe a factores de raza o tipos de parto.

2.5.3 Morfologías craneanas

Menciona Robledo R. (2020) que entre las tres morfologías craneales existentes se encuentra una relación de porcentaje entre las dimensiones de anchura y longitud; en el doliocéfalo, la relación es la siguiente: Anchura \leq 76% longitud, mesocéfalo Anchura = (76 – 80) % de su longitud y finalmente en el braquicéfalo tiene una relación de longitud \geq 80%.

Figura 6: Clasificación de morfologías craneanas.



Nota: La siguiente imagen muestra la clasificación de las morfologías craneanas. Fuente: Mens.com (2016)

Por otro lado, Ávila C. (2007) ha elaborado una diversidad de medidas antropométricas; entre estas medidas se encuentra el diámetro a-p cabeza; en el género femenino tiene un valor de 186 mm y en el género masculino el valor es de 192 mm, por lo que al elaborar una operación de promedio se tiene como resultado un promedio de 189 mm. Sustituyendo esta medida de la longitud en los porcentajes para determinar la anchura del cráneo, se obtienen los datos de la *Tabla 6*.

Tabla 6: Medidas antropométricas del cráneo.

Morfología	Proporción	Longitud	Anchura
Mesocéfalo	Anchura = (76 – 80) % de su longitud	189 mm	143.6 mm – 151.2 mm
Dolioscéfalo	Anchura \leq 76% de su longitud	189 mm	\geq 143.6
Braquicéfalo	Anchura \geq 80% de su longitud	189 mm	\leq 151.2 mm

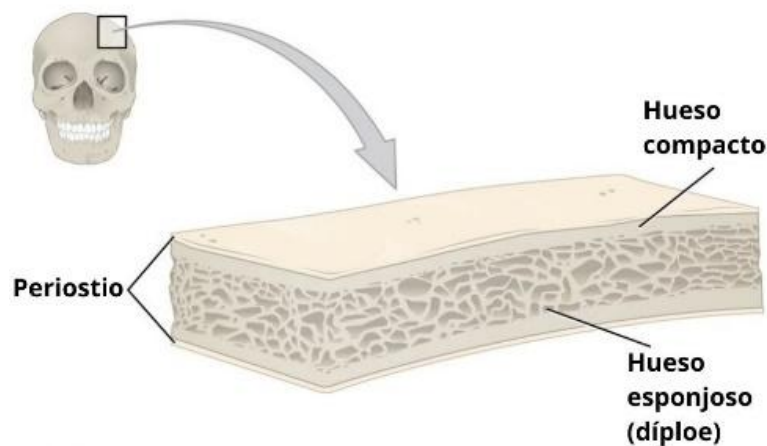
Nota. Datos tomados de Robledo R. (2020).

2.5.4 Comportamiento mecánico del cráneo

Como el dispositivo de protección va a atender al cráneo de lesiones, es importante conocer su comportamiento mecánico.

Ruiz E. (2017) menciona que los huesos del cráneo se caracterizan por ser un sólido viscoelástico anisotrópico, es decir, que su comportamiento es diferente en cada dirección. Los huesos largos, también conocidos como compactos, tienen mayor resistencia si se aplica la fuerza en el eje mayor, y los huesos compuestos por tejido esponjoso tienen mayor resistencia si se aplica la fuerza a lo largo de la dirección principal; este tipo de huesos se puede observar en la *Figura 7*. La transmisión de energía causante de las lesiones cerebrales son la energía cinética, térmica, eléctrica, química, mecánica y radiante.

Figura 7: Hueso largo y esponjoso del cráneo.



Nota. Representación del hueso compacto y esponjoso. Fuente: Ruiz A. (2017).

Las propiedades mecánicas del cráneo pueden ser utilizadas para elaborar futuros análisis mecánicos; debido a que el lado más delgado del cráneo se encuentra en su componente lateral, se tomarán estos datos representados en la *Tabla 7*.

Tabla 7: Propiedades mecánicas del cráneo.

Componente	Modulo de Young	Coefficiente de Poisson	Densidad
Lateral	E=30 MPa	0.45	1.50E-06

Nota. Datos tomados de Jesús Nieto Miranda, (2005)

De acuerdo con Kwong Ming T. (2017), las lesiones cerebrales severas ocurren cuando la presión intracraneal supera los 235 kPa; sin embargo, para no sufrir ninguna lesión cerebral o una lesión cerebral menor, la presión intracraneal debe ser menor a los 173 kPa. Este dato es la presión máxima que debe transmitir el protector craneal en la capa que tiene contacto directo con el usuario debido a que esta presión será la recibida por el adulto mayor al momento de sufrir un golpe en la cabeza provocada por una caída.

Es importante mencionar que este dato de presión no es igual a la fuerza que se ejerce durante una caída sino más bien a la presión que se provoca a consecuencia de una fuerza F ejercida sobre el protector craneal.

Finalmente, entre los valores relacionados con las propiedades mecánicas, se obtiene el peso. Málaga (2008) informa que el peso promedio de la cabeza humana es de 4.5 kg. Este dato es indispensable para determinar la fuerza de impacto que recibe en la cabeza una persona al caer.

2.6 Ergonomía

La ergonomía es una técnica con bases científicas; está en un punto intermedio entre las bases de ingeniería y medicina. Su objetivo es garantizar la armonía entre un entorno de trabajo y el usuario.

A continuación, se muestran algunos de los principios ergonómicos para lograr una mejor relación objeto-usuario. (Ávila Chaurand et al., 2007; Bridger, R., 2018; Norman, D., 2013; Bridger, 2018)

- Adaptabilidad craneal: El casco debe adaptarse lo más posible a la cabeza del usuario. Si el casco no encaja bien a la morfología craneal del usuario, se presentarán dos casos de riesgos: puede provocar incomodidad y dolor, además de generar movimientos rotacionales que pueden generar una salida parcial o total al momento de sufrir un accidente, provocando con ello una exposición total al impacto directo entre la cabeza y el objeto.
- Sistema de ajuste y cierre: Debe asegurar una sujeción óptima sujeto-usuario.
- Estabilidad del producto: El casco no debe moverse cuando el usuario realice sus actividades.
- Ventilación: Se tiene que permitir la ventilación al interior del dispositivo.
- Absorción de sudor: Los materiales implementados en el interior deben ser antitranspirantes.
- Ligereza: Todos los cascos deben ser lo más ligeros posible, principalmente aplicándolos a adultos mayores. Tan solo para los motociclistas es recomendable no usar cascos mayores a los 1.500 gramos, ya que por arriba de este peso aumentan los riesgos de sufrir una lesión cervical.
- Ajuste confortable: Es necesario que el dispositivo no genere presión en la cabeza del usuario.
- Sistema de cierre y apertura: Debe ser fácil de manipular, en especial para los adultos mayores, ya que no presentan la misma fuerza que una persona adulta o joven.

La NORMA oficial mexicana NOM-115-STPS-2009, Seguridad-Equipo de protección personal-Cascos de protección-Clasificación, especificaciones y métodos de prueba, establece los requisitos mínimos que debe cumplir un casco de protección que será comercializado de manera nacional. Para la elaboración de la norma es necesario saber los riesgos a los cuales se encuentra sometida la persona que hará uso de un dispositivo de este tipo. Esta norma fue aplicada bajo las siguientes 3 normas: NOM-017-STPS-2008, NOM-106-SCFI-2000 y NMX-B-116-SCFI-1996.

Según la clasificación de los cascos en la NORMA, el dispositivo del presente proyecto es de CLASE C (Conductor): “Los cascos CLASE C deberán reducir la fuerza de impacto de objetos en caída. Esta clase no

provee protección contra el contacto con conductores eléctricos”, es decir, al tener contacto directo con un conductor de energía eléctrica, el casco de CLASE C transmitirá la corriente directamente al usuario.

Los defectos críticos CLASE C son el impacto, penetración y resistencia de combustión. Las especificaciones de la NORMA son las siguientes: Todo casco debe llevar una concha de protección y una suspensión para reducir la fuerza de impacto. Los elementos con los que debe cumplir todo casco se observa en la siguiente *Tabla 8* con sus respectivas especificaciones:

Tabla 8: Norma NOM-115-STPS-2009 especificaciones

Concha	Suspensión	Banda de Sudor	Tafilete
Interior: Sin protuberancias Exterior: Superficie irregular Superficie tensa y libre de esperezas	Medida mínima de 19 mm en sus tirantes Desmontable Sostenida a la concha	Puede ser reemplazable	Su rango de medida es 520 mm ± 2mm (talla de sombrero 6.5) ± 2mm (talla de sombrero 8.5).

Nota. Datos tomados de la Norma NOM – 115 – STPS – 2009

2.6.1 Medidas antropométricas del usuario

Las medidas generales utilizadas para el diseño del prototipo de protección craneal se observan en la *Tabla 9*:

Tabla 9: Medidas antropométricas en mujeres y hombres

Dimensiones		Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Mujeres				
1	Altura oído	123 mm	130 mm	135 mm
2	Diámetro a – p cabeza	173 mm	187 mm	200 mm
3	Anchura cabeza	142 mm	151 mm	162 mm
4	Altura cara	111 mm	126 mm	141 mm
Hombres				
1	Altura oído	124 mm	135 mm	140 mm
2	Diámetro a – p cabeza	178 mm	191 mm	207 mm
3	Anchura cabeza	144 mm	154 mm	167 mm
4	Altura cara	122 mm	132 mm	146 mm
5	Altura de la cabeza	214.28 mm	235.35 mm	255.31 mm

Las dimensiones promedio de las medidas a utilizar se muestran en la *Tabla 10*.

Nota. Datos tomados de Ávila R. (2007).

Dimensiones		Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
1	Altura oído	123.5 mm	132.5 mm	137.5 mm
2	Diámetro a – p cabeza	175.5 mm	189 mm	203.5 mm
3	Anchura cabeza	143 mm	152.5 mm	164.5 mm
4	Altura cara	116.5 mm	129 mm	143.5 mm
5	Altura cabeza	214.28 mm	235.35 mm	255.31 mm

Nota. Elaboración propia con base en literatura técnica y normas de las medidas antropométricas ya establecidas.

Para determinar la anchura del cráneo mesocefálico se realiza los porcentajes (76 / 80) % con respecto a su longitud como se observa en la *Tabla 11*

Tabla 11: Anchura del cráneo mesocefálico.:

Dimensiones	Percentil 5 (mm)	Percentil 50 (mm)	Percentil 95 (mm)
Anchura mesocefálico	Min = 131.62 ; Max = 140.4	Min = 141.75; Max = 151.2	Min = 154.66; Max = 162.8

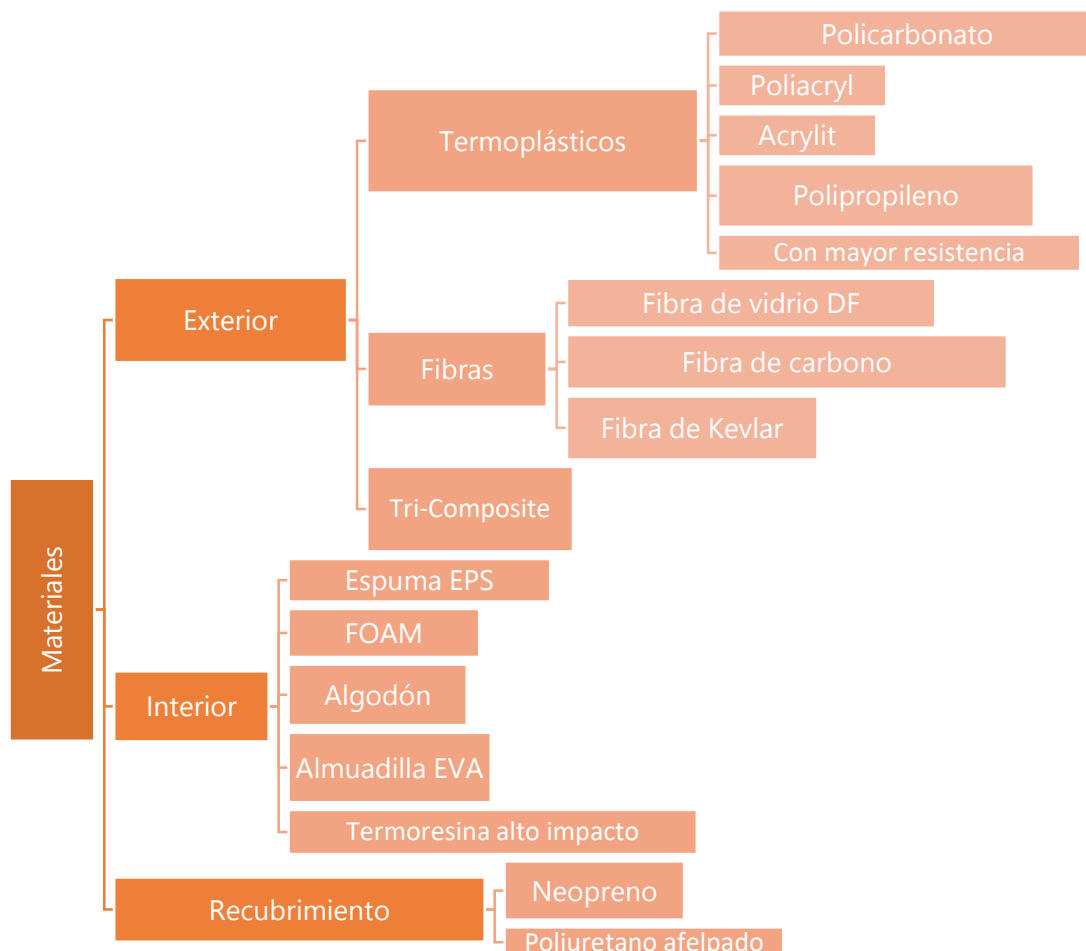
Nota. Elaboración propia con base en literatura técnica y normas de las medidas antropométricas ya establecidas.

Otra medida a considerar es la altura promedio, siendo esta de 1.60 metros, se utiliza la altura promedio porque es el dato que será sustituido en la ecuación para determinar la fuerza de impacto en caída libre de un objeto.

2.7 Materiales

Para el exterior de un casco se han usado de manera convencional los materiales observados en la *Figura 8*.

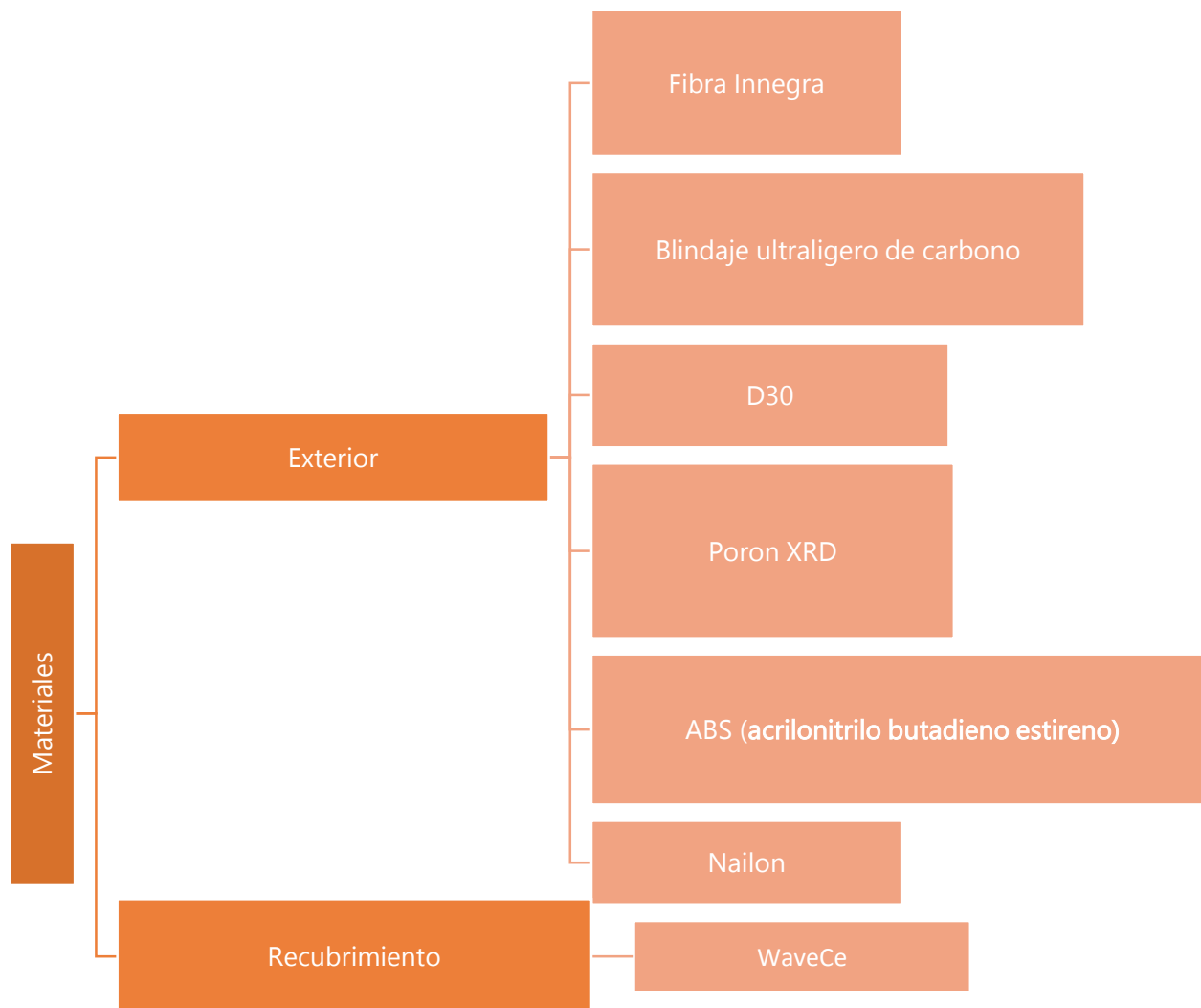
Figura 8: Mapa conceptual de materiales convencionales.



Nota. Elaboración propia con base en literatura técnica y normas de diseños de cascos.

Hoy en día, gracias a la tecnología, han surgido nuevos materiales, con características que satisfacen de mejor manera las necesidades del diseñador, tales como la ligereza, proceso de manufactura, resistencia mecánica, entre otras. Estos nuevos materiales son presentados en la *Figura 9*.

Figura 9; Materiales nuevos



Nota. Elaboración propia con base en literatura técnica y normas de diseños de cascos.

2.8 Conceptos mecánicos

El dispositivo del proyecto deberá ser sometido a ciertas cargas determinadas, por lo que es necesario conocer los conceptos básicos físicos para un mejor entendimiento en la aplicación del producto. Entre estos conceptos básicos se encuentran los siguientes propuestos por Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2011):

Deformación: Cuando un sólido es sometido a una carga, puede sufrir un cambio en su estructura; el cambio se genera por el movimiento de las partículas en el sólido. Las deformaciones a las que son sometidos los sólidos pueden ser elásticas o plásticas. En el primer caso, el sólido puede regresar a su forma original y, en el segundo suceso, el sólido sufre una deformación irreversible.

Desplazamiento mecánico: Cuando un sólido ha sido sometido a una carga, este podría sufrir un desplazamiento mecánico; esto consiste básicamente en un cambio de posición de un punto inicial para un punto de posición p . Es decir, se genera un cambio de posición en un punto p a consecuencia de la presencia de fuerza.

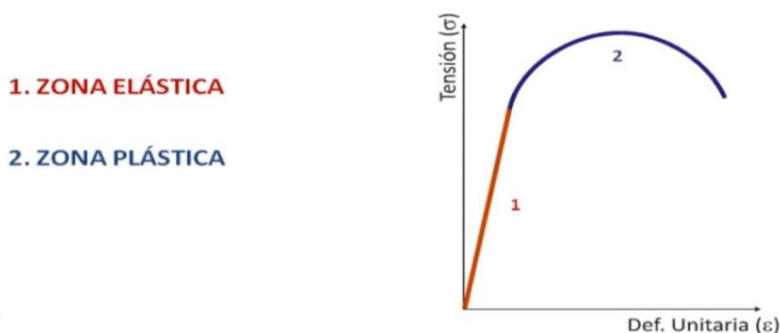
Módulo de elasticidad: También es conocido como el módulo de Young. Los materiales con un elevado punto de fusión tienen un módulo de elasticidad elevado. En otras palabras, el módulo de elasticidad es la propiedad que tienen los materiales para deformarse cuando son sometidos a una carga, pero con la diferencia de que vuelven a su forma original una vez que dejan de someter la carga sobre el sólido. Si el material es lineal, en caso de que no lo sea, entonces la deformación es irreversible.

Gráfica esfuerzo-deformación: La gráfica esfuerzo-deformación está constituida por dos zonas. Esta gráfica esfuerzo-deformación es la representación del comportamiento de los sólidos al ser sometidos a una carga. Como se puede apreciar en la Figura 10, se encuentra conformada por dos regiones:

Región elástica: Determina la tensión a la que puede ser sometido un sólido con un respectivo límite para una deformación reversible.

Región plástica: Se comienza a formar cuando el sólido ha superado su límite elástico, generando a ciertas tensiones una deformación determinada no reversible

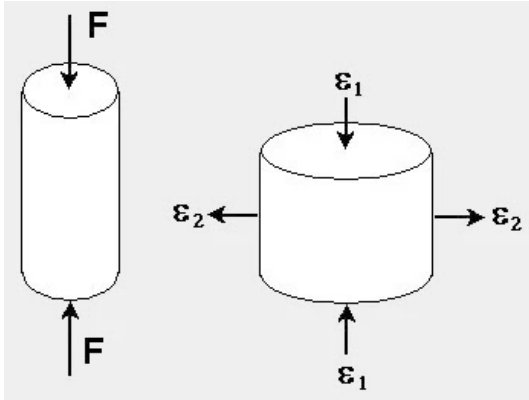
Figura 10: Gráfica esfuerzo - deformación



Nota. Gráfica esfuerzo deformación en donde se logra observar el comportamiento de la zona elástica y de la zona plástica. Fuente: deingenierías.com (2019)

Coefficiente de Poisson: Cuando un cuerpo es sometido a una fuerza axial, el objeto tenderá a deformarse, generando un elemento más largo y menos grueso. En otras palabras, es la deformación perpendicular a la axial y se observa en la *Figura 11*.

Figura 11: Deformación perpendicular axial



Nota. Representación axial, aplicando una fuerza sobre el objeto. Fuente: greenline52.com (2022)

2.9 Uniones

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012) informa que una unión es el medio por el cual es posible ejecutar la acción de unir dos o más piezas formadas de un material específico. Las uniones se dividen en 3 importantes grupos: mecánicas, soldadas y adhesivas; este tipo de uniones se aplica según las condiciones de diseño que demande el producto.

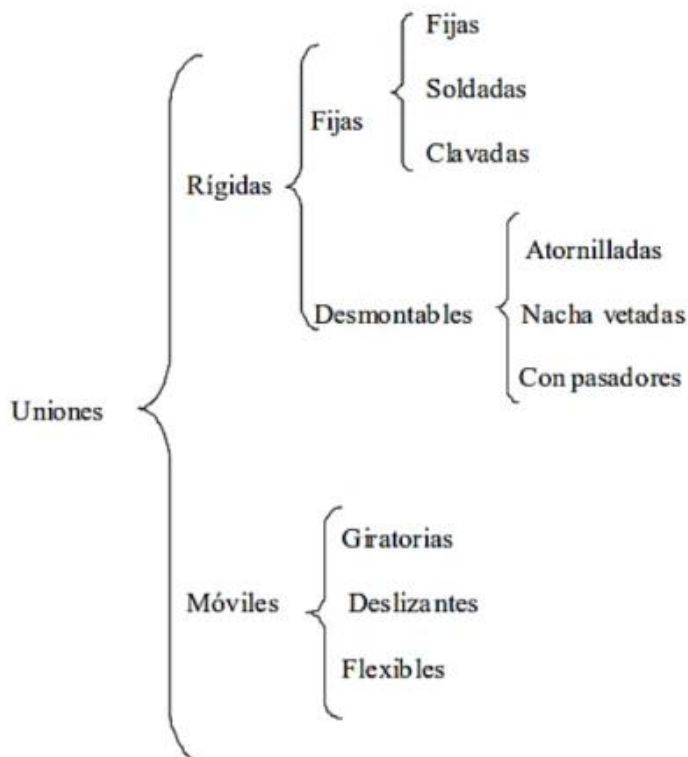
Mecánicas: En esta sección se encuentran uniones muy populares como son los atornillados, roblonado, remachado o cosido. Este tipo de uniones ha sido el más antiguo, teniendo como principal antecedente el clavo, el cual es una pieza que ayuda a la unión de materiales no frágiles, caracterizado por tener un cuerpo, cabeza y punta. Por otro lado, entre este tipo de uniones se encuentra el ensamble, que es básicamente el encastre entre dos o más piezas y reforzado generalmente con algún tipo de adhesivo o unión mecánica, como puede ser un clavo, tornillo o remache. Para la unión de polímeros, la unión mediante engazado es muy utilizada. Esta técnica consiste en enganchar las piezas unidas aprovechando la deformación plástica que ofrecen los polímeros; esta técnica también es utilizada en los materiales metálicos.

Adhesivas: Los primeros adhesivos fueron utilizados 3300 años AC; estos adhesivos se encontraban formados de productos naturales, como la sangre de los animales, raspas de peces, almidón de plantas, etc. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial se experimentaron con nuevos productos hasta el surgimiento de los nuevos adhesivos poliméricos, obteniendo mejores resultados en la unión de dos piezas o superficies. Entre sus principales ventajas se tiene una distribución uniforme de la tensión, ausencia de cambios estructurales, combinación de diversos materiales y reducción del número de componentes.

Otras de las clasificaciones de las uniones se observan en la siguiente imagen, *Figura 12*.

Las uniones rígidas son aquellas en donde los elementos de unión son imposibles de separar sin dañarlos, produciendo algún desperfecto o rotura en ellos. Entre estas uniones se encuentran las fijas y desmontables; en la segunda sección es posible separar los elementos sin dañarlos mediante la sustracción de la pieza que genera la unión, por ejemplo, tornillos, chavetas o pasadores. Por otro lado, se encuentran las uniones móviles; este tipo de uniones puede generar movimientos de desplazamiento o rotación entre los elementos de unión.

Figura 12: Clasificación de uniones



Nota: Clasificación de los tipos de uniones. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012)

Resumen del capítulo

Para la elaboración de un proyecto de diseño es indispensable realizar una investigación previa que permita identificar y analizar las fuentes primarias y secundarias. Estas fuentes deben ser fidedignas y pertinentes, ya que la falta de rigor en la información puede derivar de conjeturas sin sustento teórico o científico. Entre las principales fuentes de información se encuentran revistas científicas, tesis previas, libros especializados, artículos de investigación, patentes, conferencias, entre otros.

En este capítulo la investigación realizada, abarca desde los antecedentes registrados en los dispositivos de protección craneal hasta conceptos básicos de la física y que deben ser comprendidos para la elaboración del proyecto, demostrando así la variedad en el desarrollo del diseño.

CAPÍTULO III

Metodología

3.1 Perfil del usuario

La población que se ve más afectada al presentar una caída de bajo impacto, son los adultos mayores, representados por hombres y mujeres con una edad igual o mayor a los 60 años. Sin embargo, existen otros afectados de manera indirecta, entre los que se encuentran los familiares y cuidadores de los adultos mayores. Es por esta razón que el proyecto de tesis va dirigido a dos usuarios.

3.1.1 Usuario primario:

Edad: A partir de los 60 años en adelante (Edad biológica, preferentemente).

Género: Indistinto.

Lugar de residencia: Urbano (Ciudades o metrópolis de México).

Nivel socioeconómico: C y C+.

Grado Académico: Mínimo nivel básico concluido.

Tipo de discapacidad: Causadas por una enfermedad neurológica degenerativa.

Este usuario será quien porte el dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal. Al considerar las necesidades del usuario, se plantea que posea la edad en donde el cuerpo comienza a degenerarse, disminuyendo su calidad de vida, afectándolo de manera física y psicológica.

Entre las afectaciones físicas más frecuentes se encuentra la falta de equilibrio sobre la marcha, aumentando las posibilidades de sufrir una caída y con ello el riesgo de padecer una lesión grave, entre las que se encuentran los traumatismos craneoencefálicos. Además de presentar una afectación física, se ha identificado otro factor de riesgo y es que el adulto mayor se encuentre solo al momento de sufrir el impacto, impidiendo ser auxiliado a la brevedad, generando así la presencia de una caída prolongada.

3.1.2 Usuario secundario

Edad: Mayor o igual a los 18 años.

Sexo: Hombre y mujer.

Lugar de residencia: Urbano.

Nivel socioeconómico: C y C+.

Este usuario se refiere a aquella persona encargada de cuidar y proveer al adulto mayor. Es a quien se le notificará cuando el usuario primario sufra una caída, enviando a su sistema móvil la ubicación en tiempo real del adulto mayor de manera casi inmediata después del impacto. Su función será auxiliar al afectado de la manera más pronta posible.

3.2 Necesidades del usuario

Como se mencionó anteriormente el proyecto involucra a dos usuarios, los cuales se diferencian no solo por su perfil sino porque a pesar de que ambos hacen uso del presente dispositivo a su manera, tiene necesidades diferentes, aunque el objetivo del producto sea el mismo.

3.2.1 Necesidades del usuario primario

De acuerdo con la investigación previa del marco teórico, una de las necesidades de este grupo poblacional es mejorar su calidad de vida, para lograrlo es necesario implementar cuidados básicos de salud como otorgar al adulto mayor una buena alimentación, sin embargo, otro de los factores que influyen es lograr que las personas mayores se sientan independientes, que vivan con dignidad y participen de manera cotidiana en actividades que disfruten.

El diseño y desarrollo de un dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal puede ayudar a lograr estos objetivos. En primer lugar, protege de impactos directos a la zona craneal, siendo esta una de las más importantes del ser humano y, en el caso particular del usuario, una de las zonas más frágiles de acuerdo a la pérdida de resistencia del cráneo. Proteger esta zona genera mayor seguridad al usuario primario, porque se disminuye la posibilidad de sufrir un traumatismo encefálico craneal, lesión que puede llegar a provocar la muerte.

En segundo lugar, el objeto a diseñar cuenta con un sistema de alerta automático; esto quiere decir que cuando el adulto mayor presente una caída, el dispositivo va a almacenar esta información para enviarla de manera casi automática al dispositivo móvil de un familiar o persona de confianza para que esta pueda auxiliarla de manera inmediata. La implementación de este sistema de alerta permite que el usuario primario sienta más seguridad al saber que, sin importar el lugar en el que se encuentre, siempre podrá contar con el apoyo de su familiar o persona de confianza para que acuda a ayudarlo. El diseño de este dispositivo no solo busca disminuir el riesgo de sufrir un traumatismo encefálico craneal sino, además tiene como objetivo ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad, ya que en la mayor parte de los casos se busca mantener con vida a los adultos mayores dejando de lado la calidad de vida que se les está brindando.

En la *Tabla 12*, se observan las necesidades del usuario y el sector al que estas pertenecen.

Tabla 12: Necesidades del usuario primario

Necesidades	Comunicación	Físicas	Sociales	Emocionales	Familiares
Independencia personal					
Disminución de fracturas craneales					
Seguridad					
Participación social					
Comunicación inmediata					
Disminución de traumatismos craneoencefálicos					
Apoyo de sus allegados					

Nota: Necesidades del adulto mayor, según su entorno (Javier del Valle, s. f)

3.2.2 Necesidades del usuario secundario

Cuidar a una persona de la tercera edad requiere paciencia, tiempo, energía, conocimientos básicos de enfermería y primeros auxilios.

Lamentablemente, muchas de estas personas no pueden ofrecer un cuidado de tiempo completo, por cuestiones laborales, escolares o personales. Esta situación provoca que el adulto mayor se encuentre solo gran parte del día y sin supervisión alguna en caso de sufrir un accidente o inconveniente que afecta su salud.

Es por eso la importancia de implementar un sistema de alerta, que mantenga al usuario secundario en constante información de cuando el usuario primario presente algún suceso que le provoque una caída.

Con la implementación de este sistema de alerta, la persona encargada podrá realizar sus actividades con más tranquilidad, tomándose el tiempo necesario para concluir cualquier trabajo pendiente. Además de tener la seguridad de que el adulto mayor se encuentra protegido de la zona craneal, disminuyendo así los riesgos de sufrir algún traumatismo craneoencefálico. Generando la sensación de seguridad en su familiar o allegado de la tercera edad.

En la *Tabla 13* se observan alguna de las necesidades del usuario secundario con respecto al cuidado en el adulto mayor.

Tabla 13: Necesidades del usuario secundario.

Necesidades	Comunicación	Físicas	Sociales	Emocionales	Familiares
Conocimiento constante sobre el estado de salud del adulto mayor					
Tranquilidad					
Seguridad					

Nota: Elaboración propia con base a literatura técnica.

3.3 Investigación de campo

Las entrevistas han sido elaboradas a los dos usuarios involucrados. La primera va dirigida a los adultos mayores y la segunda a cuidadores o responsables de alguna persona de la tercera edad.

Por otro lado, para determinar el tamaño de la muestra se hace uso de la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Tamaño de muestra

$$n = \frac{Z * Z * p (1 - p)}{E * E}$$

En donde

n = tamaño de la muestra

p = proporción de adultos mayores en México

E = Margen de error

Z = Valor crítico bilateral estándar para un intervalo de confianza bilateral del 95%

Tomando como base los datos registrados por Cochran, W. G. (1977) y Kish, L. (1965) se obtienen los siguientes valores finales en las variables *E* y *Z*.

E = 0.07 (7 puntos porcentuales)

Z = 1.96

Finalmente es necesario informar que el objetivo de esta entrevista no es obtener órdenes jerárquicos ni naturales, sino únicamente exploratorios, por esta razón no es necesario calcular los percentiles; sin embargo, se pueden determinar otros parámetros como las frecuencias absolutas y relativas, así como la moda. (ANEXO B).

3.3.1 Primera entrevista

La primera entrevista se llevó a cabo en hombres y mujeres adultos mayores, de 60 años o más, que residen en la República Mexicana. (ANEXO A)

Para calcular el tamaño de la muestra se sustituyen los valores correspondientes en la fórmula para determinar la muestra.

*Menciona la CONAPO (2025) que la población adulta mayor en el año 2025 es de 17 121 580 habitantes, representando el 12.8% de la población total. Con este dato es posible determinar la variable *p* siendo $p = 0.128$. Es así como la fórmula final queda de la siguiente manera:*

Ecuación 2: Tamaño muestra sustitución

$$n = \frac{1.96 * 1.96 * 0.128 (1 - 0.128)}{0.07 * 0.07} = 87.5$$

El tamaño muestra es de 87.5 personas, es decir, la entrevista a realizar debe de estar en un rango mínimo de 80 y máximo de 90 entrevistados.

La entrevista fue realizada a 80 personas cumpliendo con el rango mínimo de la muestra, los entrevistados residen en la República Mexicana. El 51.2% son del sexo masculino y 48.8% son del sexo femenino. En la *Tabla 14* se observan los resultados de la entrevista relacionados a las necesidades del usuario que intervienen en el diseño del prototipo.

Tabla 14: Resultados de la primera entrevista con base a las necesidades del usuario.

Cuestionamiento	Resultados medibles	Interpretación
¿A qué nivel de altura se encuentra con regularidad?	Generalmente se encuentran a nivel de piso con una altura máxima de 50 cm.	El dispositivo de protección craneal debe soportar una caída mínima = altura del usuario y máxima = altura del usuario + 50 cm.
¿Cuáles son los tipos de caídas que ha presentado recientemente?	La población ha presentado con frecuencia caídas traseras y en segundo lugar laterales.	El dispositivo a diseñar debe de proteger la zona craneal trasera y lateral del usuario primario.
En caso de haber usado algún dispositivo de protección craneal para el uso diario ¿Qué defectos logró identificar en su dispositivo?	El usuario ha identificado en partes iguales los siguientes defectos: El objeto es demasiado pesado; Diseño es desagradable; No es transpirable; Su diseño es demasiado grande o vistoso.	El dispositivo a diseñar debe ser: Ligero, con un diseño discreto, transpirable y con formas minimalistas.
¿Cuál gama de colores prefiere? (Cálidos, Fríos, Neutrales).	Los usuarios optan por colores cálidos y neutrales.	El dispositivo a diseñar debe presentar variaciones en colores cálidos y neutrales.
Entre los siguientes diseños ¿Cuál es el de su preferencia? (Reforzado, Tradicional, Adaptable).	El diseño adaptable es el que más gusta a los usuarios.	El diseño del dispositivo debe de ser discreto, es decir que no abarque toda la zona de la cabeza.
¿Qué características considera necesarias en el uso de un dispositivo de protección craneal?	Los usuarios prefieren un dispositivo ligero en primero lugar y transpirable como segunda necesidad.	El dispositivo debe tener un peso menor al estándar (1.5 kg), además de contar con materiales transpirables.

Nota: Elaboración propia con base a las entrevistas.

Cada una de las necesidades que determinaron los usuarios son evaluados en escala del 1 al 5 donde 1 es poco indispensable y 5 muy indispensable. Los resultados se observan en la *Tabla 15*.

Tabla 15: Escala de necesidades

Necesidad	Escala
Soportar un impacto de caída a una altura máxima = altura del usuario + 50 cm	5
Proteger la zona craneal trasera y lateral	5
El dispositivo debe ser ligero	4
El dispositivo debe ser discreto	2
El dispositivo debe ser transpirable	4
El dispositivo debe tener colores neutros y cálidos.	2
El dispositivo debe adaptarse a la morfología craneana del usuario	4
El dispositivo debe permanecer fijo durante su uso	5
El dispositivo debe ser fácil de colocar y desprender	4

Nota: Elaboración propia con base a las entrevistas.

3.3.2 Segunda entrevista

El uso del dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal en caídas de bajo impacto estima un usuario secundario por cada usuario primario; es por esta razón que el tamaño de la muestra es igual al de la primera entrevista. La entrevista fue realizada a 80 personas; 60 % pertenecen al género femenino y 40 % al género masculino.

Debido a que los resultados de la entrevista no son relevantes para el proceso de diseño, no son mostrados en este capítulo; sin embargo, sí permiten aportar una justificación para la aplicación del sistema de alerta en el dispositivo de protección craneal, como se muestra en el (ANEXO C).

3.4 Función primaria y secundaria

3.4.1 Función primaria

La función primaria es proteger la zona occipital y parietal del adulto mayor, esto por las siguientes razones:

Occipital: Las caídas que más sufren los adultos mayores son las traseras esto quiere decir que existen más probabilidades de sufrir un golpe en el área occipital. A sí mismo, es precisamente en esta zona en donde se encuentra el cerebelo, la parte del cerebro que coordina el movimiento, el equilibrio y la postura.

Parietal: Esta zona es la más delgada del cráneo, por lo cual al momento de sufrir algún golpe es la que tiene mayores posibilidades de presentar una fractura, de igual manera las caídas lateras son las segundas más frecuentes, lo que hace muy probable sufrir algún tipo de impacto en esta parte del cuerpo.

3.4.2 Función secundaria

Esta función consta de un sistema de alerta encargado de notificar al usuario secundario cuando la persona de la tercera edad presente una caída, para aplicar dicho sistema es necesario implementar un circuito electrónico en el dispositivo de protección craneal.

El circuito electrónico que se va a implementar en el dispositivo de protección craneal debe registrar de manera inmediata la caída, almacenar los datos de ubicación en tiempo real de la persona afectada y enviarlos al dispositivo móvil del usuario secundario.

3.5 Implementación de circuito

Como se mencionó anteriormente, para lograr la segunda función del dispositivo es necesario implementar y entender el funcionamiento del circuito electrónico. Con ayuda de otras áreas de estudio (mecatrónica y electrónica), fue posible elaborar dos propuestas de circuitos electrónicos que satisfacen las necesidades del producto. La primera propuesta se puede observar en la *Tabla 16*.

Tabla 16: Primera propuesta

Primera propuesta	
Arduino 1	
Encargada de llevar la información	
Características	Cuidados:
<ul style="list-style-type: none"> Velocidad de reloj: 16 MHz. Voltaje de trabajo: 5V Voltaje de puerto de entrada: 7.5 a 12 voltios. 1 puerto serie por hardware. Memoria: 32 KB Flash (0.5 para bootloader), 2 KB RAM y 1 KB Eeprom. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar el consumo de corriente del dispositivo Utilizar un driver que provea corriente Revisar que los sensores no entreguen voltajes mayores a 5V Evitar conectar pines del Arduino entre ellos Revisar la polaridad de los cables Utilizar fuentes de alimentación estables
Medidas: 7.2 cm x 5.2 cm	Peso: 25 gramos
Acelerómetro (MPU 6005)	
Detecta cuando el usuario sufre una caída midiendo movimientos en 6 grados de libertad, combinando un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en un mismo chip.	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> Regulador de voltaje en placa Grados de libertad (DoF): 6 Rango Acelerómetro: 2g/4g/8g/16g Rango Giroscopio: 250Grad/Seg, 500Grad/Seg, 1000Grad/Seg, 2000Grad/Seg 	
Medidas: 2.0 cm x 1.6 cm x 0.1 mm	Peso: 12 gramos
ESP 32	
Transmitirá la comunicación, entre el dispositivo de protección craneal y el responsable del adulto mayor, esta información la puede transmitir mediante Wifi y Bluetooth.	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> Wifi integrado Bluetooth 4.2 2.4 Ghz; BT 2.0 y 4.0 BLE 2 x UART o puertos serie 2 x I2C channels y 4 x SPI channels. 	
Medidas: 5.7 cm x 2.8 cm x 1 cm	Peso 8 gramos
GY – GPS6MV2	
Localización GPS, transmitirá la información mediante las coordenadas	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> Tensión de Alimentación: 3.3 – 5 Volts Antena Cerámica Memoria EEPROM para guardar los datos de configuración del módulo, incluso cuando está apagado Batería de Respaldo Tipo Botón LED Indicador de Señal Diámetro de Orificios de Montaje: 3 mm Velocidad de Transmisión de Datos por Defecto: 9600 bps 	
Medidas: Módulo: 2.5 cm x 3.5 cm Antena: 2.5 cm x 2.5 cm	Peso: 18 gramos

Nota: Datos tomados de la página de ventas WinSource

La segunda propuesta se observa en la *Tabla 17*.

Tabla 17: Segunda propuesta

Segunda propuesta	
Arduino nano	
Encargada de llevar la información	
Características	Cuidados:
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación, 5 V • Velocidad del reloj 16 MHz • Corriente continua por pin entrada salida, 40 Ma (Pines de E/S) • Voltaje de entrada, 7 – 12 V • Salida PWM, 6 • Consumo de energía, 19 mA 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el consumo de corriente del dispositivo Utilizar un driver que provea corriente • Evitar conectar pines del Arduino entre ellos • Revisar la polaridad de los cables • Utilizar fuentes de alimentación estables
Medidas: 18 mm x 45 mm	Peso: 7 gramos
Acelerómetro (MPU 6005)	
Detecta cuando el usuario sufre una caída midiendo movimientos en 6 grados de libertad, combinando un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en un mismo chip.	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de voltaje en placa • Grados de libertad (DoF): 6 • Rango Acelerómetro: 2g/4g/8g/16g • Rango Giroscopio: 250Grad/Seg, 500Grad/Seg, 1000Grad/Seg, 2000Grad/Seg 	
Medidas: 2.0 cm x 1.6 cm x 0.1 mm	Peso: 12 gramos
HC-05	
Transmitirá la comunicación por Bluetooth, del dispositivo de protección craneal al dispositivo móvil del adulto mayor, para después transmitir la información a un segundo dispositivo móvil. La información que transmitirá será la ubicación en tiempo real del afectado, mediante Google Maps.	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación: 3.6V - 6V DC • Consumo corriente: 50mA • Bluetooth: V2.0+EDR • Alcance 10 metros • Velocidad de transmisión: 1200bps hasta 1.3Mbps • Seguridad: Autenticación y encriptación • Temperatura de trabajo: -20C a +75C • Compatible con Android 	
Medidas: 3.53 cm x 1.96 cm x 3 mm	Peso: 5 gramos

Nota: Datos tomados de la página de ventas WinSource

3.5.1 Selección del circuito electrónico

Las especificaciones de tamaño y peso del circuito electrónico son las características que afectan el diseño del producto; por lo tanto, la selección final depende del análisis de estas variables. En la *Tabla 18* se observa la comparación de peso y medidas de ambas propuestas.

Tabla 18: Tabla comparativa de circuitos electrónicos

Propuestas	Resumen de datos	
	Peso	Área
Primera	63 gramos	71.6 cm ²
Segunda	24 gramos	17.22 cm ²

Nota: Fuente propia basada en la información técnica.

Con los datos obtenidos, se llega a la conclusión de seleccionar la propuesta número dos, por ser más ligera y de menor área.

Además de los elementos que conforman la segunda propuesta, el circuito electrónico cuenta con piezas adicionales que son indispensables para el funcionamiento del circuito, independientemente de la propuesta. Estos elementos se observan en la *Tabla 19*.

Tabla 19: Elementos adicionales

Elementos adicionales	
Batería Recargable Lipo 602035 3.7v	
Elemento que proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del circuito.	
Medidas: 35 mm x 20 mm x 6 mm	Peso: 9 gramos
Indicador medidor de carga para batería de litio 18650 de 1s a 8s	
Este módulo permite medir la carga de baterías de tipo litio de 1 a 8 celdas.	
Medidas: 43 mm x 20 mm x 8 mm	Peso: 6 gramos

Nota: Datos tomados de la página de ventas WinSource

3.5.2 Análisis y aplicación del circuito

A pesar de que el circuito seleccionado cuenta con muy poco peso, el área que se utiliza es considerable; es por esta razón que se opta por elaborar un **segundo elemento** que almacene el circuito electrónico y que pueda ser colocado en otra parte del cuerpo (brazo, pierna, torso), esto para que el circuito electrónico no afecte de manera directa el peso y volumen del dispositivo de protección craneal.

Analizando cada uno de los circuitos se deduce que la única pieza que no puede ir separada del dispositivo de protección craneal es el acelerómetro.

Esta pieza funciona cuando se registra un cambio en uno de sus ejes con una aceleración ≥ 9.8 (m/s²). Por lo tanto, localizar este elemento en otra parte del cuerpo con mayor movimiento (brazo, pierna, etc.) puede generar falsas alertas de caídas. Es por esto que se propone un **tercer elemento**, para almacenar el acelerómetro o bien mantenerlo integrado dentro del dispositivo de protección craneal.

En la *Tabla 20* se muestran 3 opciones para el diseño del dispositivo de protección craneal (Opción A, Opción B, Opción C), en donde se comparan cada una de ellas para determinar cuál de las 3 propuestas es la más viable. El método de comparación es el siguiente:

Casilla roja = NO CUMPLE

Casilla amarilla = CUMPLE MEDIANAMENTE

Casilla verde = SI CUMPLE

Las opciones son las siguientes:

Opción A: Diseñar únicamente una pieza para ambas funciones, es decir, implementar el circuito electrónico dentro del dispositivo de protección craneal.

Opción B: Diseñar dos elementos; el primero consta del dispositivo de protección craneal con el acelerómetro integrado y el segundo es la pieza que almacenará el circuito electrónico y cuyo uso corresponde a otra parte del cuerpo (brazo, pierna, torso, etc.).

Opción C: Diseñar tres elementos: el primero es el dispositivo de protección craneal, el segundo la pieza que almacenará el acelerómetro para que este sea removido del primer elemento cuando sea necesario, y el tercero el fragmento destinado a almacenar el resto del circuito electrónico y cuyo uso corresponde a otra parte del cuerpo (brazo, pierna, torso, etc.).

Tabla 20: Evaluación para definir el número de elementos.

Características a evaluar.	Opción A	Opción B	Opción C
El dispositivo de protección craneal es más ligero.	Red	Yellow	Green
El dispositivo de protección craneal es más seguro.	Red	Red	Green
El dispositivo de protección craneal disminuye en volumen	Red	Yellow	Green
Es posible realizar mantenimiento (limpieza) al dispositivo de protección craneal de manera eficiente.	Red	Yellow	Green
Es posible utilizar solamente el dispositivo de protección craneal en caso de que no sea necesario usar la segunda función (Ejemplo: Evento familiar).	Red	Yellow	Green
Es posible dar mantenimiento a los circuitos electrónicos rápidamente.	Red	Yellow	Green
El uso de material es menor	Green	Yellow	Red
Al presenciar una caída los elementos se mantienen fijos	Green	Green	Yellow
El tiempo que tarda el usuario en colocarse el dispositivo es menor	Green	Yellow	Red

La opción C es la que cumple en su mayoría con las características para un mejor funcionamiento en el dispositivo. Obteniendo las siguientes ventajas:

- El dispositivo de protección craneal es más ligero, gracias a que la mayor parte de los componentes electrónicos son utilizados en una parte del cuerpo que no involucra la cabeza.
- El dispositivo de protección es más seguro, porque al momento de sufrir un impacto directo los circuitos electrónicos no van a intervenir en la distribución de las fuerzas.
- El dispositivo de protección craneal disminuye el volumen al no estar involucrados los componentes electrónicos.
- Es posible un mantenimiento completo en el dispositivo de protección craneal porque el acelerómetro es removible.
- Es posible utilizar únicamente el dispositivo de protección craneal cuando el adulto mayor o su cuidador lo consideren conveniente gracias a que los elementos electrónicos son removibles.
- Se puede realizar el mantenimiento adecuado de los elementos electrónicos mientras el dispositivo de protección craneal se encuentra en uso.

Como el circuito electrónico va almacenado en un **tercer elemento** y este debe de ser situado en una parte del cuerpo distinta a la cabeza se realiza un análisis para determinar su nueva ubicación. Los resultados se observan en la *Tabla 21*.

Tabla 21: Tabla de evaluación para el tercer elemento

Característica a evaluar	Cuello (Collar)	Pantorrilla (Brazaletes)	Brazo (Brazaletes)	Pecho (Pechero)
Es discreto				
No genera molestias por el peso				
Se tiene libre movimiento al caminar				
Se tiene libre movimiento al realizar actividades manuales				
Es fácil de colocar				
Se puede usar por debajo de la ropa				

Con los resultados obtenidos, se determina que el tercer elemento (almacenador de circuitos) va colocado en el brazo con un diseño similar al de un brazaletes.

Finalmente, los elementos del dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal con respecto al circuito electrónico quedan de la siguiente forma *Tabla 22*.

Tabla 22: Tabla de especificaciones para el circuito y el producto

Elemento	Función	Componentes electrónicos	Medidas	Área	Peso
Primer elemento	Dispositivo de protección craneal	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Segundo elemento	Almacenador del acelerómetro	Acelerómetro	21mm x 16mm	336 mm ²	12 g
Tercer elemento	Almacenador del circuito	Arduino nano	18 mm x 45 mm	810 mm ²	7g
		HC – 05	35 mm x 19 mm	665 mm ²	5g
		Batería recargable	35 mm x 20 mm	100 mm ²	9 g
		Indicador de carga	43 mm x 20 mm	860 mm ²	6 g

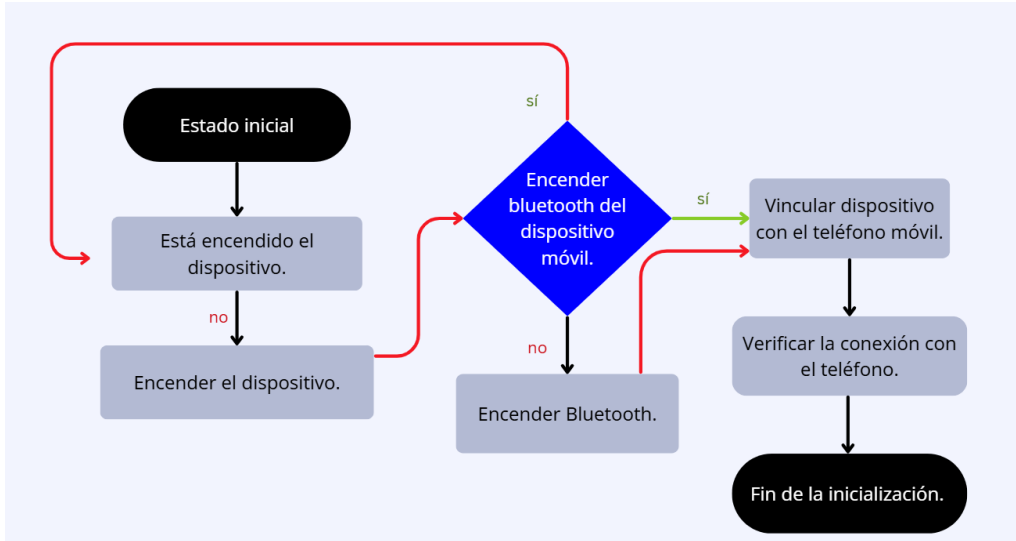
3.5.3 Diagrama de flujo del circuito

Los diagramas de flujo muestran el proceso de ejecución del circuito bajo la respuesta positiva o negativa del mismo. Este diagrama se muestra en la *Figura 13* y su proceso de iniciación sigue los siguientes pasos.

La inicialización del dispositivo con la tarjeta HC05 sigue los pasos a continuación:

1. Encender el dispositivo móvil.
2. Iniciar el funcionamiento de la tarjeta HC05
3. Encender el bluetooth del dispositivo móvil
4. Vincular el dispositivo móvil con el teléfono celular
5. Verificar la correcta conexión en los dispositivos
6. Iniciar aplicación.

Figura 13: Diagrama de flujo del circuito



Nota: Realizado por estudiantes de la carrera de mecatrónica.

3.6 Fuerza de impacto

Utilizando las ecuaciones de la mecánica clásica con ayuda de la sustitución y despeje, se llegó a la ecuación final para determinar la fuerza de impacto en una caída, tomando factores como la masa, gravedad, altura y rango de tiempo de caída. Este proceso fue elaborado de la siguiente manera:

$$E_1 = U_1 + k_1$$

$$U_1 = mgh ; k_1 = 0$$

$$E_1 = mgh$$

$$F = \frac{d}{dt}(mv) = m \frac{dv}{dt}$$

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \left(\frac{v_f - v_0}{\Delta t} \right)$$

Donde:

v = velocidad

m = masa

g = gravedad (9.81 m/s²)

h = altura

$$E_2 = U_2 + k_2$$

$$E_2 = 0 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2g(Y_f - Y_0)$$

$$E_1 = E_2$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2g(0 - h)$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v_f^2 = 2g(-h)$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

Ecuación 3: Fuerza de impacto

$$F = m \left(\frac{\sqrt{2gh} - 0}{\Delta t} \right)$$

Ecuación que determina la fuerza de impacto de la cabeza al suelo

Gracias a la investigación previa en el marco teórico se obtienen los siguientes datos para sustituir en la ecuación final.

Altura del usuario: 1569 mm; 1.60 metros

Altura máxima en la que se puede encontrar el usuario: 50 mm; 0.5 metros.

Peso de la cabeza: 4.5 kg.

Tiempo de contacto del cráneo al suelo durante la caída: 0.03 seg.

En donde

$m = 4.5 \text{ kg}$

$g = \text{gravedad } (9.81 \text{ m/s}^2)$

$h = 1.60 + 0.5 = 2.10 \text{ m}$

$\Delta t = \text{tiempo de caída} = 0.03 \text{ segundos}$

Quedando la ecuación de la siguiente forma:

Ecuación 4: Fuerza de impacto sustitución

$$F = m \left(\frac{\sqrt{2gh} - 0}{\Delta t} \right) = F = 4.5 \text{ kg} \left(\frac{\sqrt{2(9.81 \text{ ms}^2)(2.10 \text{ m})}}{0.03} \right) = 962 \text{ N}$$

La aplicación de la ecuación se realiza considerando a un usuario con una estatura aproximada de 1.60 metros y un peso de la cabeza de 4.5 kg. Cuando este usuario se encuentra a una altura no mayor a 50 cm y sufre una caída, la región craneal recibe un impacto de 962 N, valor que se obtiene a partir de la ecuación 4.

Este valor de 962 N representa la fuerza del impacto generada durante una caída de cuerpo libre bajo condiciones ideales, y permite estimar la intensidad del golpe recibido. Por otra parte, el software Ansys requiere que se definan las condiciones mecánicas a las que será sometido el objeto de estudio; entre estas condiciones se encuentra la fuerza aplicada. En este caso, se introduce en el programa una fuerza de 926 N como dato de entrada para el análisis.

Una vez finalizado el análisis de esfuerzos, Ansys proporciona los resultados en unidades de Pascales (Pa), las cuales representan la presión ejercida sobre el dispositivo de protección craneal al aplicar la fuerza de 926 N. Este valor de presión, como se mencionó previamente, no debe superar los 173 kPa para garantizar un funcionamiento seguro del dispositivo.

3.7 Requerimientos de diseño

Los requerimientos de diseño delimitarán la solución del problema, detectando los parámetros que resuelven las necesidades del usuario, en este caso en específico mediante un prototipo virtual, en donde se logra observar su forma, acabado e implementación de un estudio mecánico no lineal para lograr determinar si cumple con las características mecánicas del producto. Todo esto se determina con la investigación previa de campo y teórica.

3.7.1 Requerimientos de uso

Se refiere a los requerimientos que determinan la interacción del usuario con el objeto y se observan en la *Tabla 23*.

Tabla 23: Requerimientos de uso

Requerimientos de uso	
Parámetro	Requisito
Adaptabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptarse a los diferentes percentiles de la población mexicana.
Estabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estado estático cuando el usuario realice sus actividades diarias, mediante la compresión del diseño.
Ligereza	<ul style="list-style-type: none"> • El dispositivo situado en el cráneo debe de tener un peso no máximo a los 750 gramos considerando la suma del peso del circuito electrónico utilizado en la parte superior (cabeza).
Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de encendido y apagado adaptable a la mano.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento desmontable para el mantenimiento de limpieza

3.7.2 Requerimientos estructurales

Los requerimientos para determinar la organización de las partes y elementos, que darán solución a la problemática establecida se observan en la *Tabla 24*.

Tabla 24: Requerimientos estructurales

Requerimientos estructurales	
Parámetro	Requisito
Componentes del circuito	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino nano • Acelerómetro (MPU 6005) • HC – 05 • Batería Recargable Lipo 602035 3.7v • Indicador medidor de carga para batería de litio 18650 de 1s a 8s
Elementos del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> • Carcasa • Absorbedor de impactos • Recubrimiento • Circuito electrónico
Absorción de impactos	<ul style="list-style-type: none"> • Absorber la energía mediante la implementación del diseño paramétrico y generativo o la absorción propia del material.
Estructurales	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos principales de una sola pieza • Evitar uniones que disminuyan la resistencia

3.7.3 Requerimientos formales

Los requerimientos formales son las características estéticas y apariencias del prototipo digital. Y se observan en la *Tabla 25*.

Tabla 25: Requerimientos formales

Requerimientos formales	
Parámetro	Requisito
Estilo	<ul style="list-style-type: none">Minimalista, mediante el uso de formas simples, colores neutrales, texturas uniformes.
Equilibrio	<ul style="list-style-type: none">Obtenido mediante la simetría del producto, la simetría debe ser de manera transversal
Armonía	<ul style="list-style-type: none">Menor volumen a comparación de los productos existentes.Simplicidad en los elementos y acabados

3.7.4 Requerimientos de función

Se refiere a requerimientos de desempeño físico, químico y técnico del producto. Mismos que son observados en la *Tabla 26*.

Tabla 26: Requerimientos de función

Requerimientos función	
Sistema de alerta	<ul style="list-style-type: none">Almacenar los circuitos electrónicos de manera segura.
Protección craneal	<ul style="list-style-type: none">Proteger el hueso temporal, occipital y los puntos craneométricos (Asterión y Pterion)
Resistencia	<ul style="list-style-type: none">Soportar un impacto de 173 kPa

3.8 Conceptualización

En este apartado, 3.8, es donde se comienza el proceso de diseño tomando como base los requerimientos y condiciones establecidos anteriormente.

3.8.1 Generación de ideas

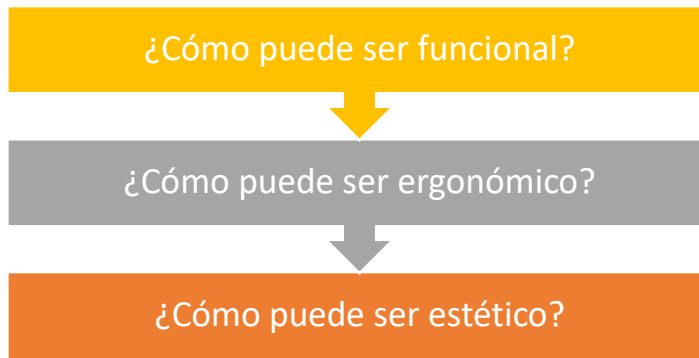
En la actualidad existe una infinidad de técnicas para ayudar a incrementar la creatividad. Para el desarrollo de este proyecto se hizo uso de la técnica de analogías, la cual consiste en relacionar las semejanzas existentes de una serie de objetos completamente diferentes, con la finalidad de dar una solución funcional y creativa.

El procedimiento para aplicar esta técnica fue el siguiente.

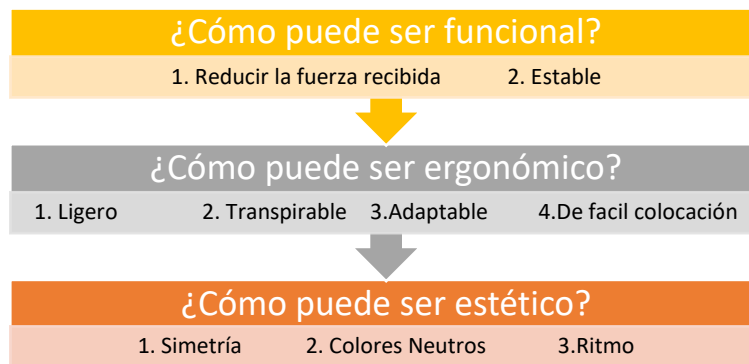
1. Definir el problema.

Diseño de un dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal en caídas de bajo impacto.

2. De acuerdo al problema planteado, se generan las siguientes interrogantes.



3. Partiendo de las interrogantes anteriores, fue necesario retomar los requerimientos de diseño.



4. La propuesta para elaborar las analogías se divide en 3 secciones con 5 elementos cada una (las categorías se establecieron de acuerdo al ritmo, es decir la repetición de una forma predominante en el diseño y al diseño paramétrico).

Estas secciones se dividen en: Naturaleza, Arquitectura y Animales. Y se pueden observar a continuación:

Naturaleza:

- Hojas
- Girasoles
- Cactáceas
- Bosques
- Panal de abejas

Arquitectura

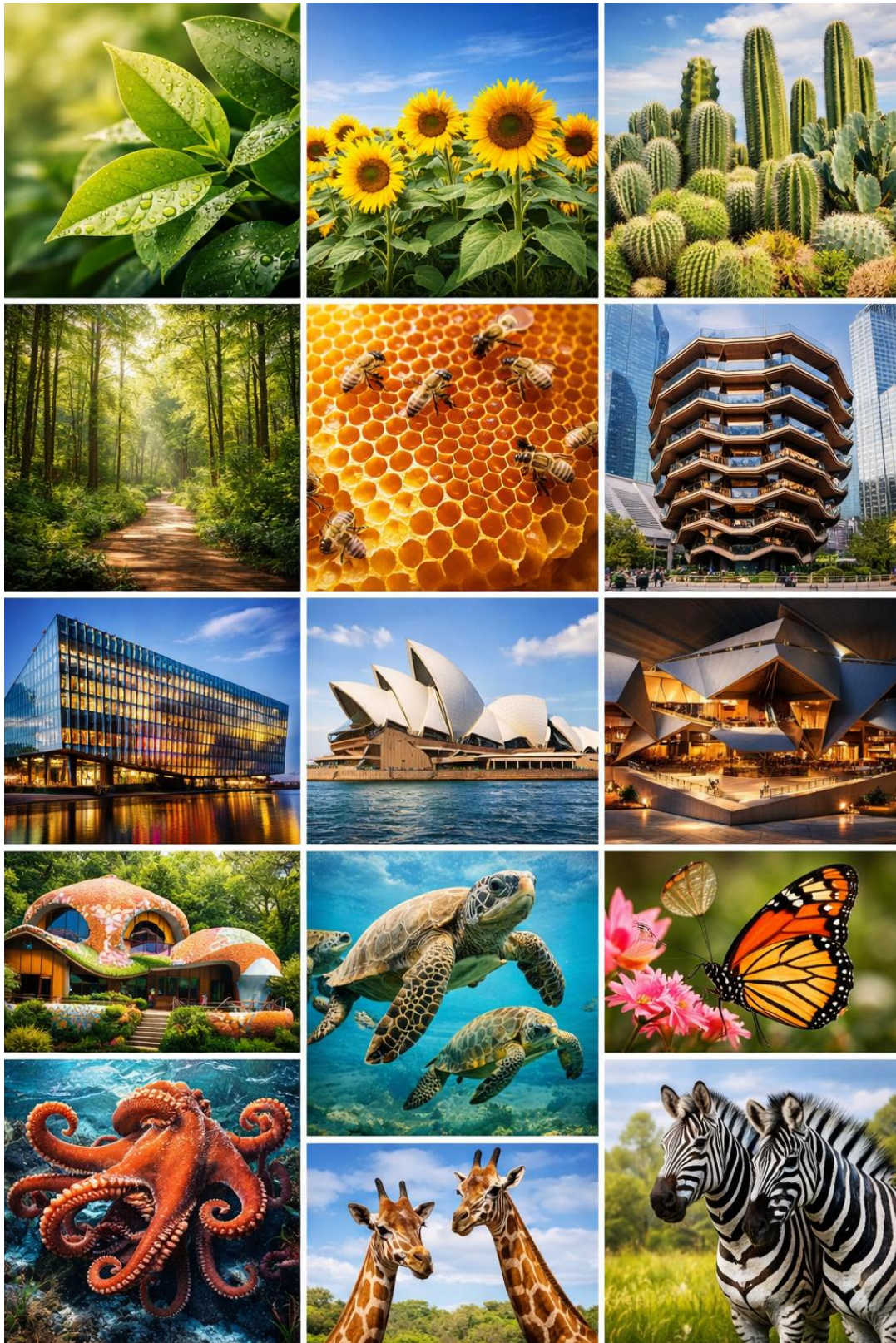
- The Vessel
- Harpa Concert Hall
- Sydney Opera House
- Restaurante de Miguel Rojkind
- Casa de Javier Senosian

Animales:

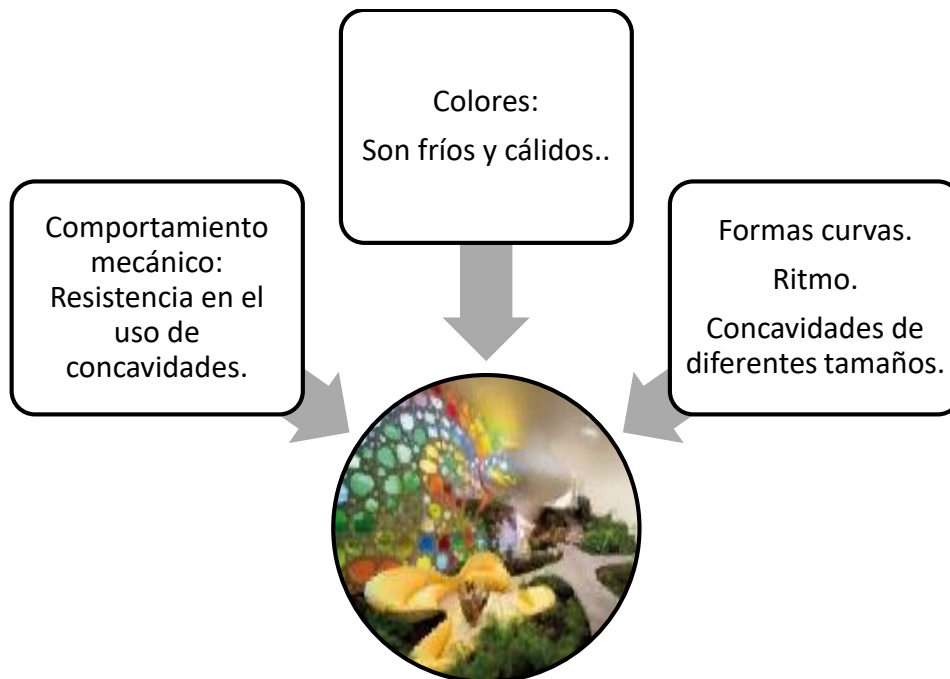
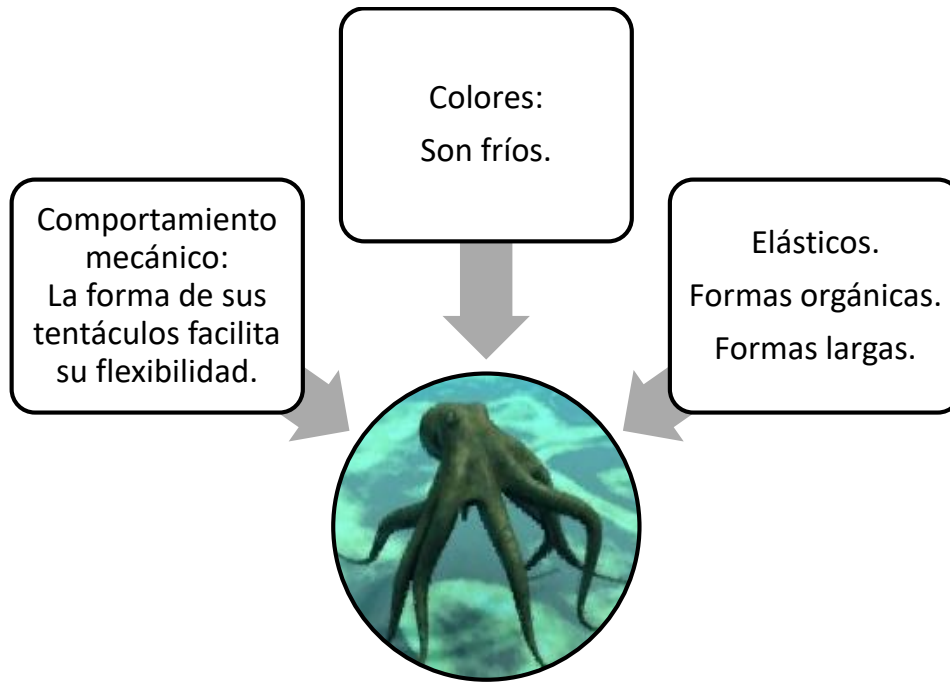
- Tortugas
- Mariposas
- Pulpos
- Jirafas
- Cebras

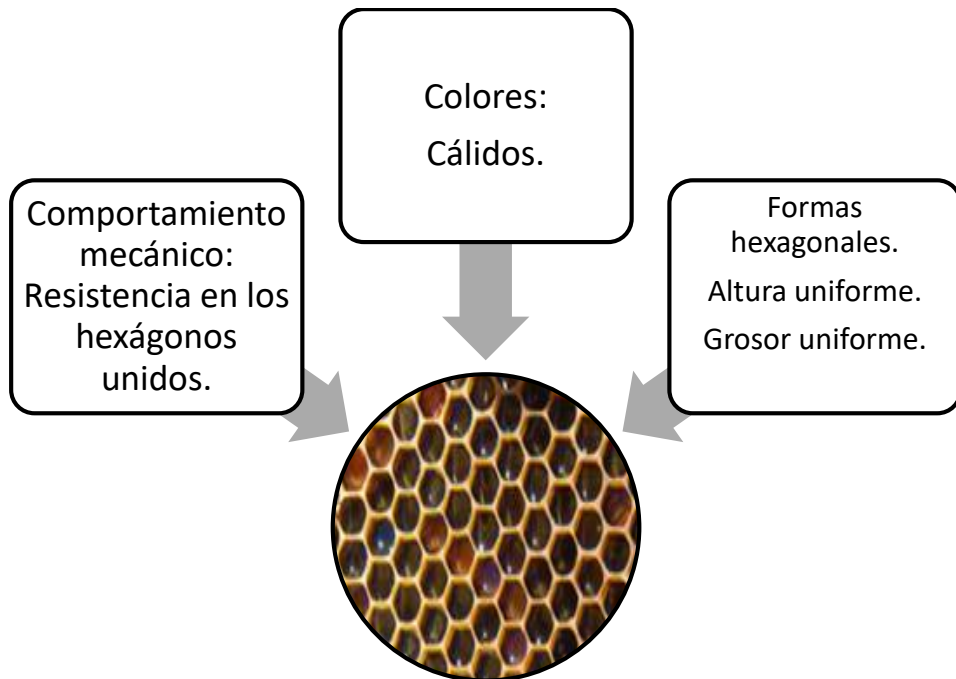
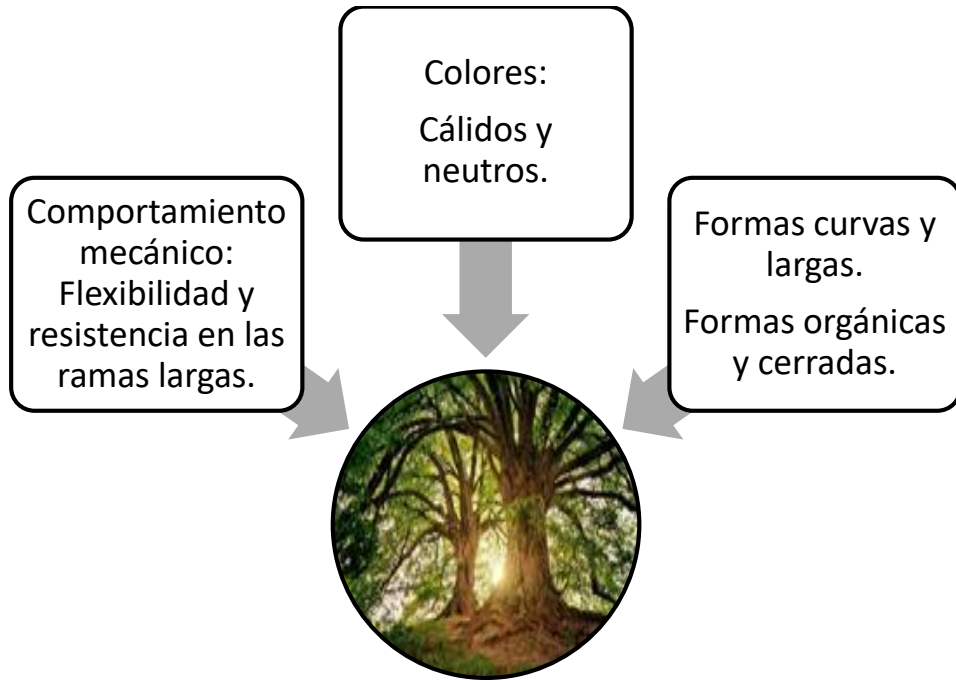
En la *Figura 14* se observa un pequeño collage de estos elementos.

Figura 14: Técnica creativa analogías: imágenes



5. A continuación, se seleccionaron los 4 elementos que tuvieron mayor adaptabilidad a los requerimientos de diseño. Estos tres elementos fueron llevados al proceso de bocetaje mediante el siguiente análisis.





La elaboración del prototipo digital consta de 2 PARTES.

Primera parte: Diseño de dispositivo de protección craneal.

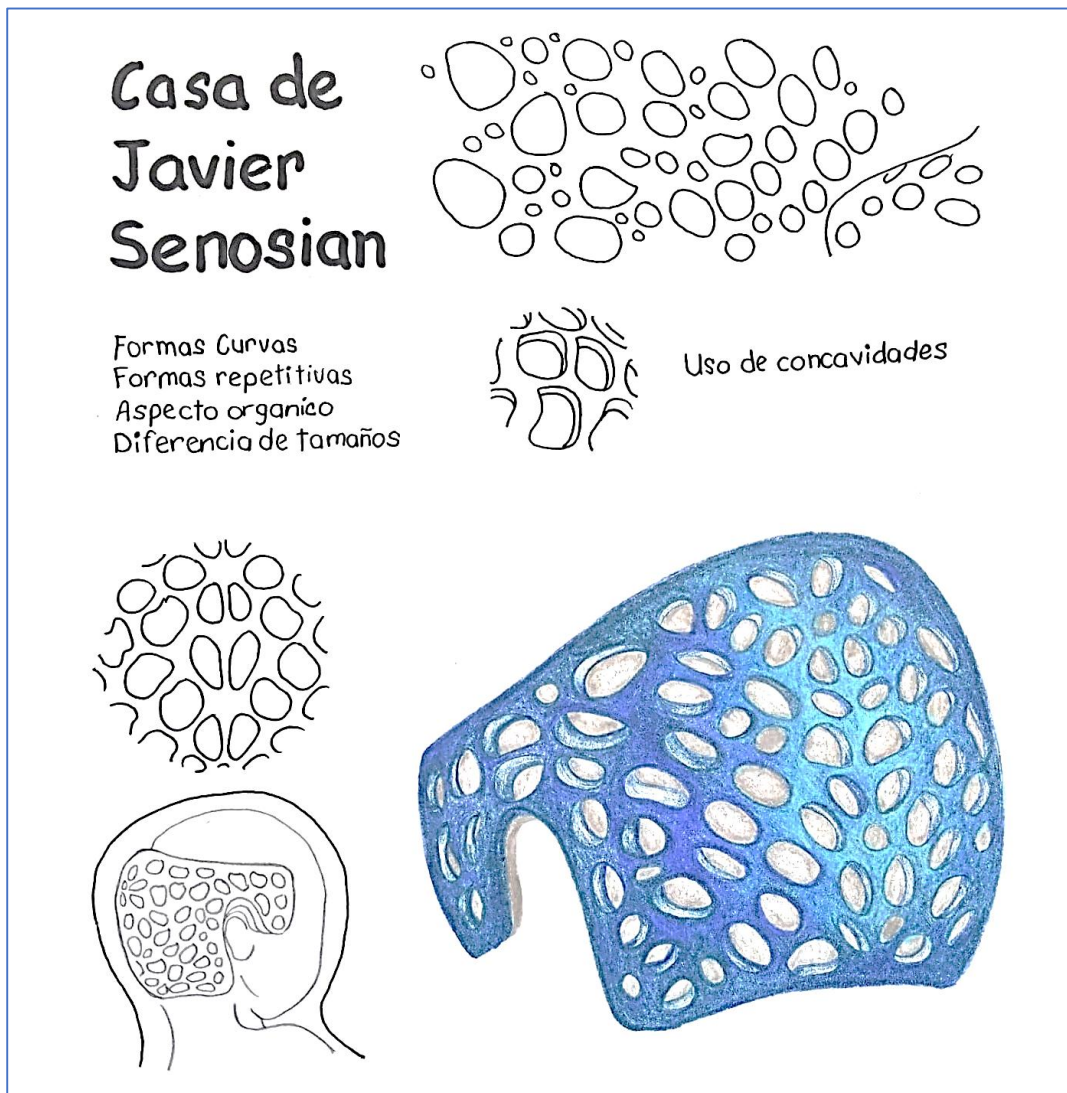
Segunda parte: Diseño de complementos del dispositivo de protección craneal para la implementación electrónica. Así mismo, la segunda parte se encuentra dividida en dos, SECCIÓN A y SECCIÓN B.

Sección A: Diseño de la pieza que almacena el acelerómetro.

Sección B: Diseño de la pieza que almacena el resto de los componentes electrónicos.

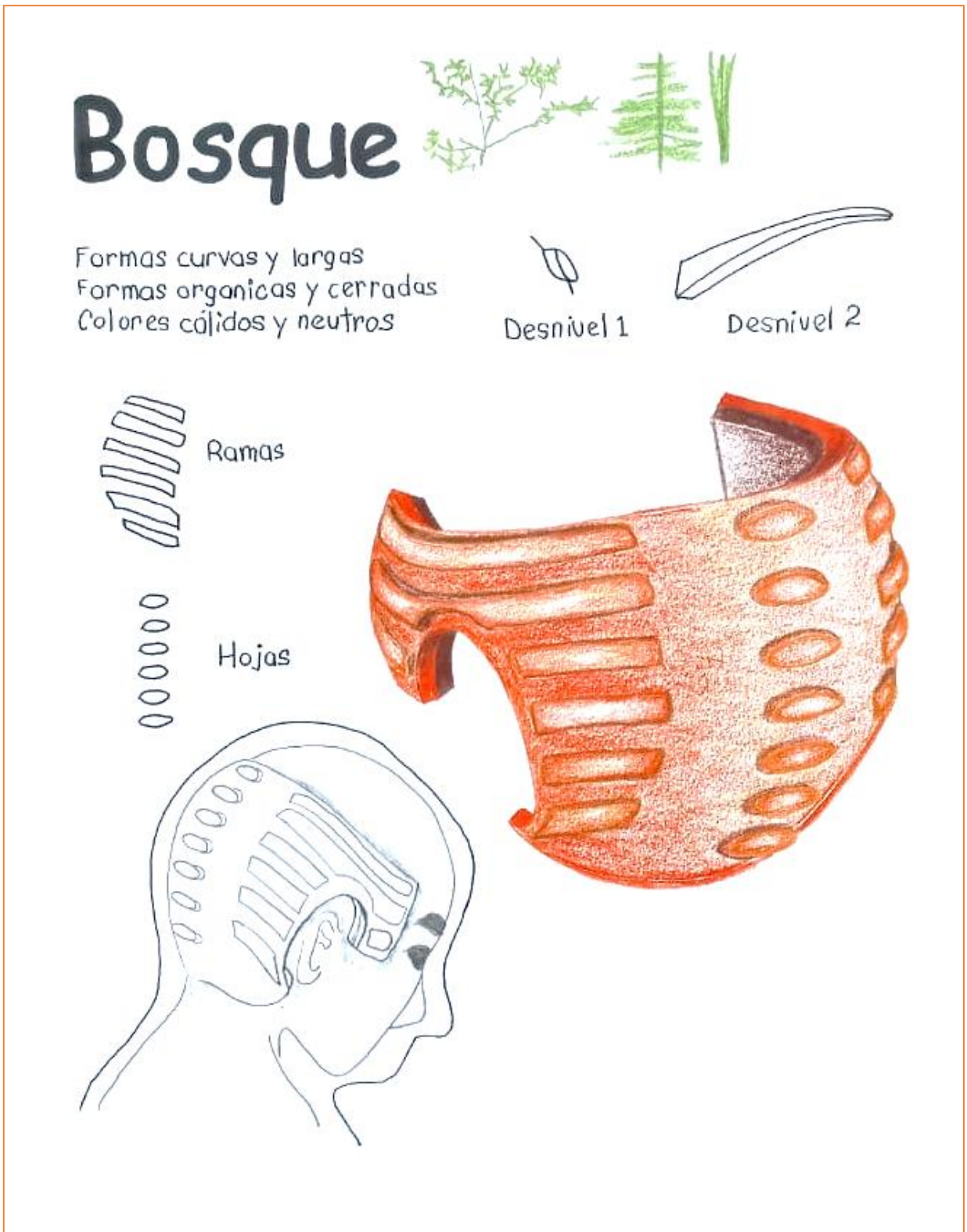
3.8.2 Primera parte

Figura 15: Boceto protector "Sian"



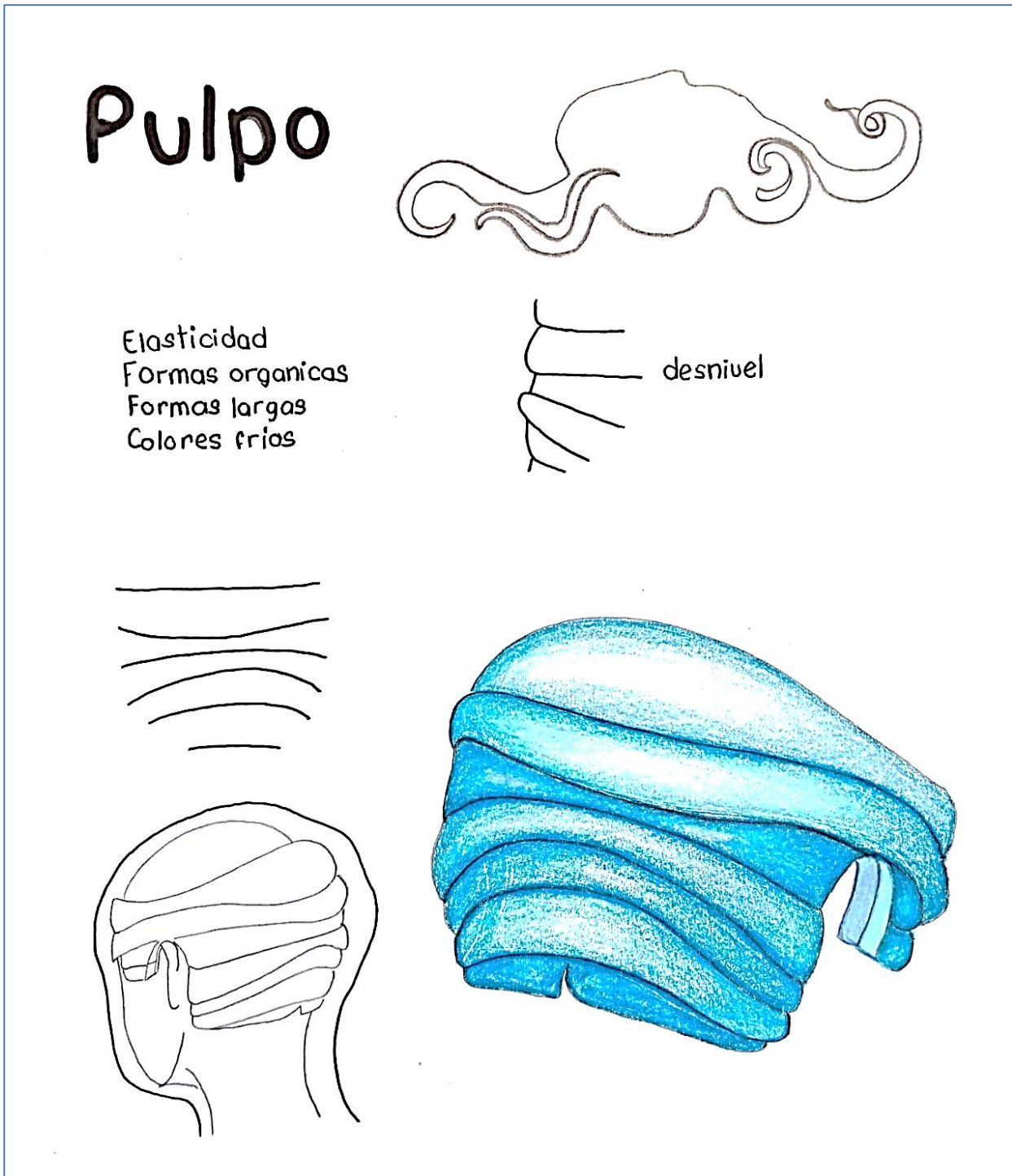
Nota: Fuente propia

Figura 16: Boceto protector "Bos"



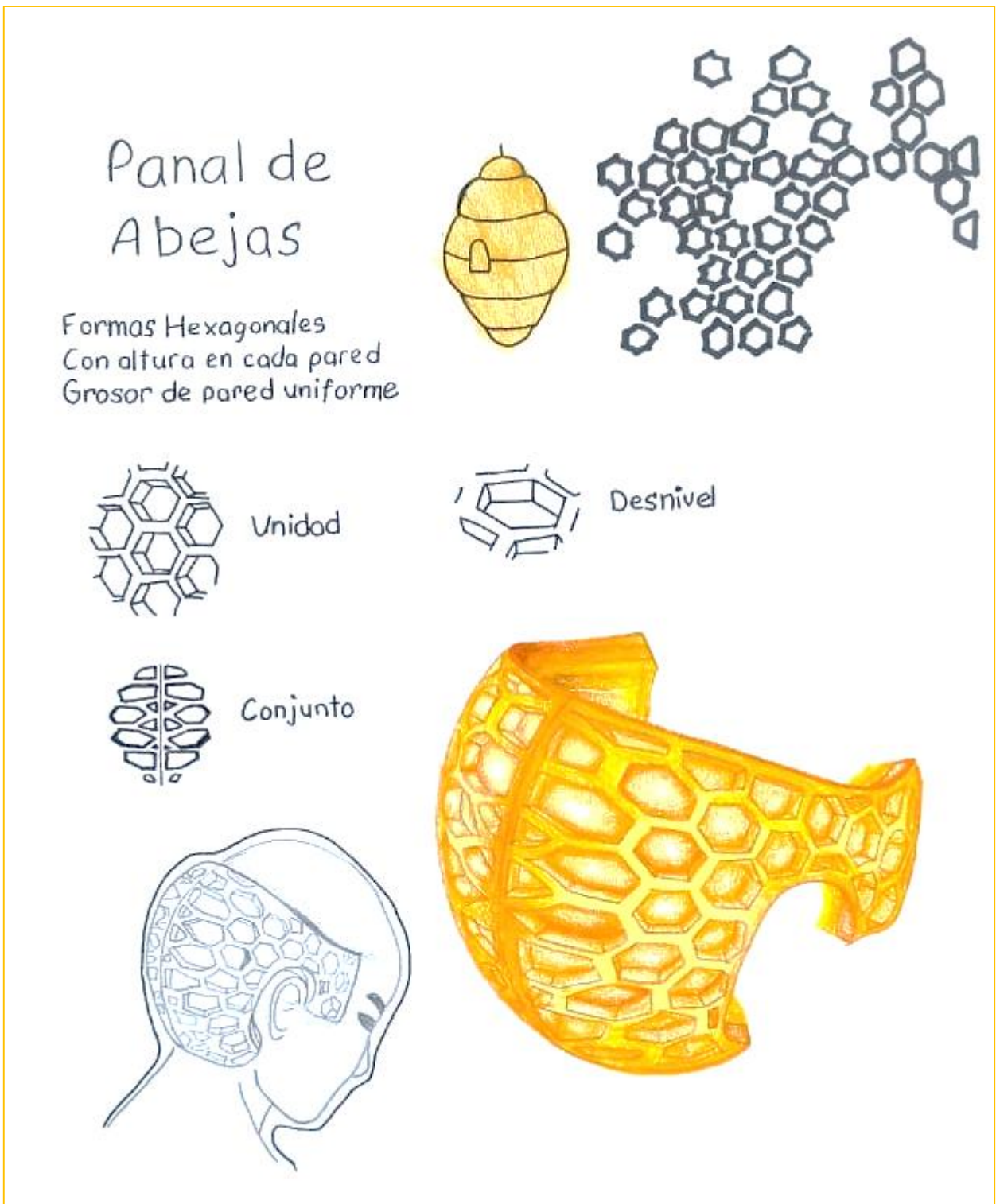
Nota: Fuente propia

Figura 17: Boceto protector "Elpu"



Nota: Fuente propia

Figura 18: Boceto protector "Nala"



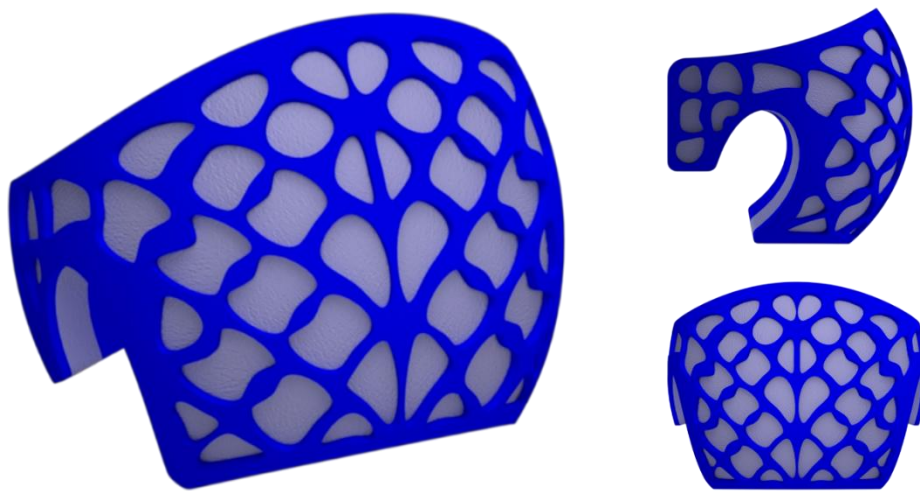
Nota: Fuente propia

PROTECTOR “SIAN”

Inspirado en la casa de Javier Senosian

Este diseño representa el ritmo mediante formas curvas aspecto visual muy característico en la arquitectura de Senosian. Las vistas lateral, trasera e isométrica se observan en la *Figura 19*.

Figura 19: Protector "SIAN"



Nota: Fuente propia

Materiales que lo conforman

Carcaza exterior: Poliestireno con recubrimiento de poliéster.

Carcaza intermedia: Fibra de carbono.

Carcaza interna: SAM FOAM con recubrimiento de tejido de malla de poliéster.

Método de unión: Carcaza exterior – carcaza intermedia = Resina; Carcaza intermedia – carcaza interior = Broches Snap

Peso: 522 gramos.

Volumen: 487870.63 milímetros cúbico.

PROTECTOR “BOS”

Inspirado en los bosques.

Este diseño cuenta con formas largas y delgadas, como las ramas de los árboles y con formas orgánicas cerradas inspiradas en las hojas. Las vistas lateral, trasera e isométrica se observan en la *Figura 20*.

Figura 20: Protector “BOS”



Nota: Fuente propia

Materiales que lo conforman

Carcaza exterior: Poliestireno con recubrimiento de poliéster.

Carcaza intermedia: Fibra de carbono

Carcaza interna: SAM FOAM con recubrimiento de tejido de malla de poliéster.

Método de unión: Carcaza exterior – carcaza intermedia = Resina; Carcaza intermedia – carcaza interior = Broches Snap

Peso: 648 gramos.

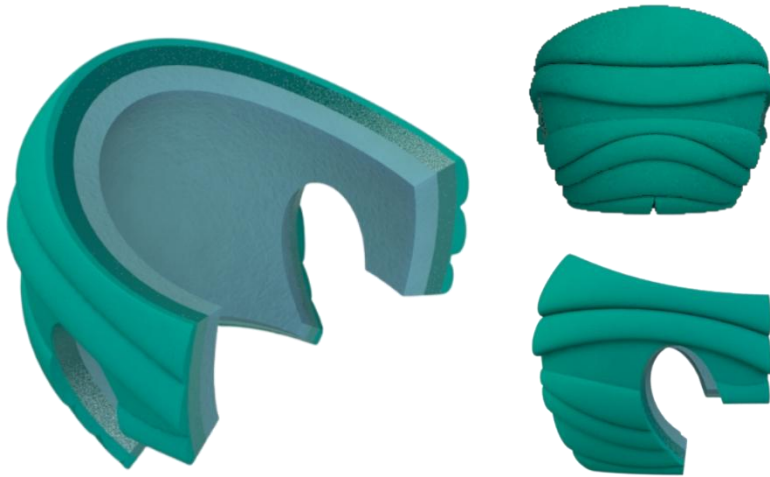
Volumen: 605968.95 milímetros cúbicos.

PROTECTOR “ELPU”

Inspirado en los pulpos

Con sus formas orgánicas y largas como los tentáculos del pulpo este diseño aplica una de las características físicas propias de este molusco; Su elasticidad, en cada una de las partes alargadas que conforman el diseño final. Las vistas lateral, trasera e isométrica se observan en la *Figura 21*.

Figura 21: Protector "ELPU"



Nota: Fuente propia

Materiales que lo conforman

Carcaza exterior: Poliestireno con recubrimiento de poliéster.

Carcaza intermedia: Fibra de carbono

Carcaza interna: SAM FOAM con recubrimiento de tejido de malla de poliéster.

Método de unión: Carcaza exterior – carcaza intermedia = Resina; Carcaza intermedia – carcaza interior = Broches Snap

Peso: 794 gramos.

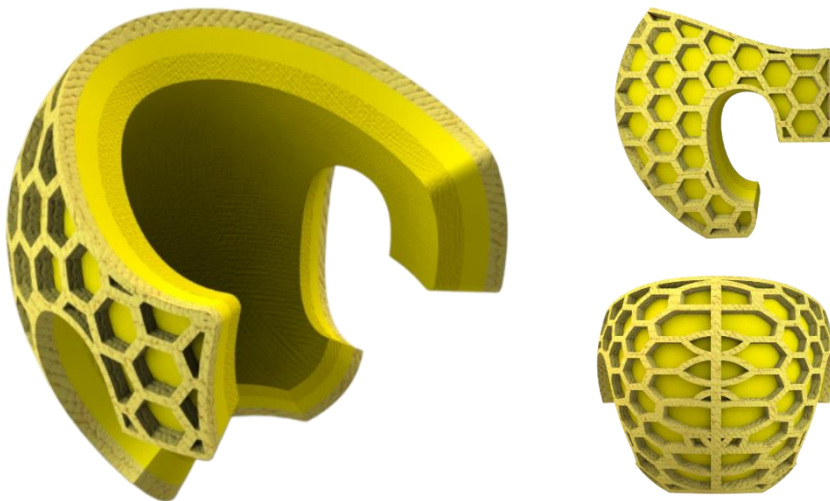
Volumen: 742103.34 milímetros cúbicos.

PROTECTOR “NALA”

Inspirado en el panal de abejas

Las abejas forman hexágonos en sus panales, esta forma se aprecia en todo el diseño del dispositivo, además la imagen común del panal de abejas se ve representado en la parte trasera del modelo. Por otro lado, la implementación de hexágonos genera una gran resistencia mecánica, por este motivo se aplican mencionadas formas. Las vistas lateral trasera e isométrica se observan en la *Figura 22*.

Figura 22: Protector “NALA”



Nota: Fuente propia

Materiales que lo conforman

Carcaza exterior: Poliestireno con recubrimiento de poliéster.

Carcaza intermedia: Fibra de carbono

Carcaza interna: SAM FOAM con recubrimiento de tejido de malla de poliéster.

Método de unión:

Carcaza exterior – carcaza intermedia = Resina

Carcaza intermedia – carcaza interior = Broches Snap

Peso: 694.07.

Volumen: 6451682.12 milímetros.

3.8.3 Elección de la propuesta

Para la elección de la propuesta final se hizo uso de la evaluación mediante una matriz de selección de propuestas.

El proceso de esta evaluación consiste en elaborar una tabla en donde se anexan las necesidades determinadas y cada una de las propuestas de diseño; su evaluación es simple, en donde 1 quiere decir que el diseño NO CUMPLE con la necesidad, 2 que cumple medianamente y 3 que sí cumple. (Javier E., s.f.).

Aquella propuesta que tuvo una mayor puntuación es la que fue seleccionada.

3.8.3.1 Análisis de datos

Adaptabilidad: El dispositivo debe de ser diseñado con base a la morfología craneana más común, cráneo mesocefálico.

Estabilidad: El dispositivo debe tener una tolerancia de apertura, la cual es posible si el diseño presenta concavidades porque estas van a permitir la manipulación en el área.

Ligereza: El dispositivo tiene un peso menor a los 750 gramos

Discreción en su diseño: El dispositivo cuenta con poco volumen.

Resistencia: El dispositivo soporta una presión de 173 kPa

Transpirable: El dispositivo cuenta con materiales transpirables.

Tabla 27: Matriz de selección de propuestas.

Protector	Adaptabilidad	Estabilidad	Ligereza	Discreción	Resistencia	Transpirable	Total
SIAN	3	3	3	3	1	3	16
BOS	3	1	2	2	1	3	12
ELPU	3	1	1	1	1	3	10
NALA	3	3	2	2	3	3	16

Nota: Fuente propia

Como se observa en la *Tabla 27*, existe un empate entre el protector “SIAN” y “NALA”; es por eso que se realizó una encuesta (ANEXO D) a 80 adultos mayores (tamaño muestra establecido) para que, mediante la visualización, escojan el diseño que es más de su agrado.

Los resultados finales arrojaron que los usuarios optan más por el protector “NALA”, argumentando que tiene más estructura, orden y firmeza. De igual manera obteniendo el diseño final y con los entrevistados disponibles, se realizó una encuesta (ANEXO D) en donde se puso a escoger a los adultos mayores entre la propuesta final y el dispositivo de protección ya existente a lo que la mayoría prefiere utilizar el protector “NALA”.

3.8.4 Manufactura para el protector “NALA”

El proceso de manufactura para esta primera parte se divide en cada una de las carcasas que lo componen. Quedando de la siguiente manera:

Primera parte: **Carcasa exterior** (Figura 23)

Materiales: Poliestireno

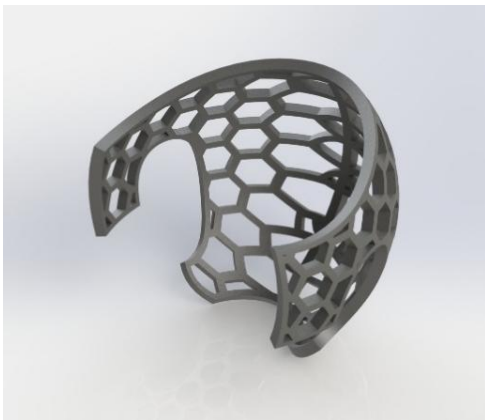
Especificaciones: Perlas de poliestireno de 2 mm

Proceso de manufactura: Expansión final mediante molde.

Recubrimiento: Ballistic nylon

Proceso de manufactura para el recubrimiento: Manualmente con adhesivo *permanent fabric*

Figura 23: Carcaza exterior



Segunda parte: **Carcasa intermedia** (Figura 24)

Materiales: Fibra de carbono

Detalles: Fibra de carbono basada en PAN

Proceso de manufactura: Moldeo por la superposición de capas.

Figura 24: Carcaza intermedia



Tercera parte: **Carcasa interna** (Figura 25)

Materiales: SAM FOAM.

Detalles: Espuma de poliuretano de baja densidad.

Proceso de manufactura: Moldeo por inyección de espuma.

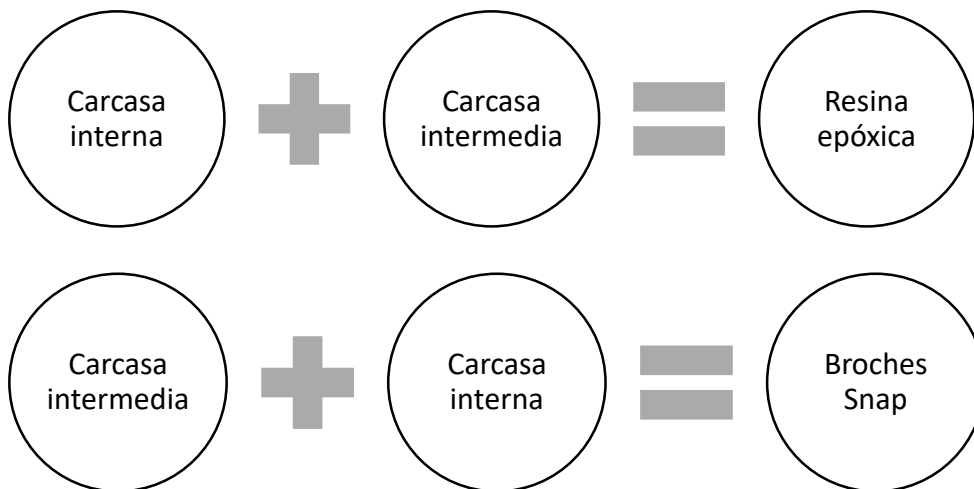
Recubrimiento: Tejido de malla de poliéster.

Proceso de manufactura para el recubrimiento: Costura industrial.

Figura 25: Carcaza interna



Finalmente se muestra el método de unión de cada una de las carcasas.



3.8.5 Diseño a nivel de detalle

En este apartado se muestra de manera gráfica como se utiliza el dispositivo, la vista general del elemento en uso, planos y peso por carcasa y general del protector.

3.8.5.1 Uso del protector "NALA"

Para utilizar el protector "NALA" es necesario seguir los siguientes pasos.

Primero paso: Colocar el dispositivo detrás del cuello.

Figura 26

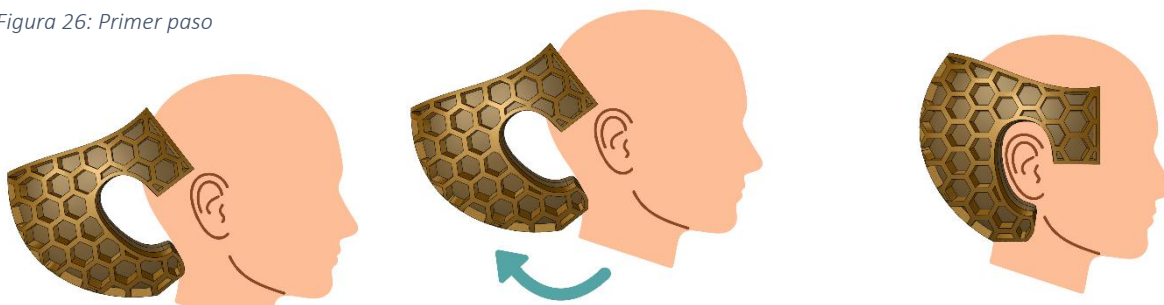
Segundo paso: Realizar un ligero movimiento con las manos girando el dispositivo en dirección a la cabeza. *Figura 27*

Figura 27: Segundo paso

Tercer paso: El dispositivo se mantiene fijo gracias a una pequeña presión que ejerce la capa interna y las concavidades de la carcasa externa. *Figura 28*

Figura 28: Tercer paso

Figura 26: Primer paso



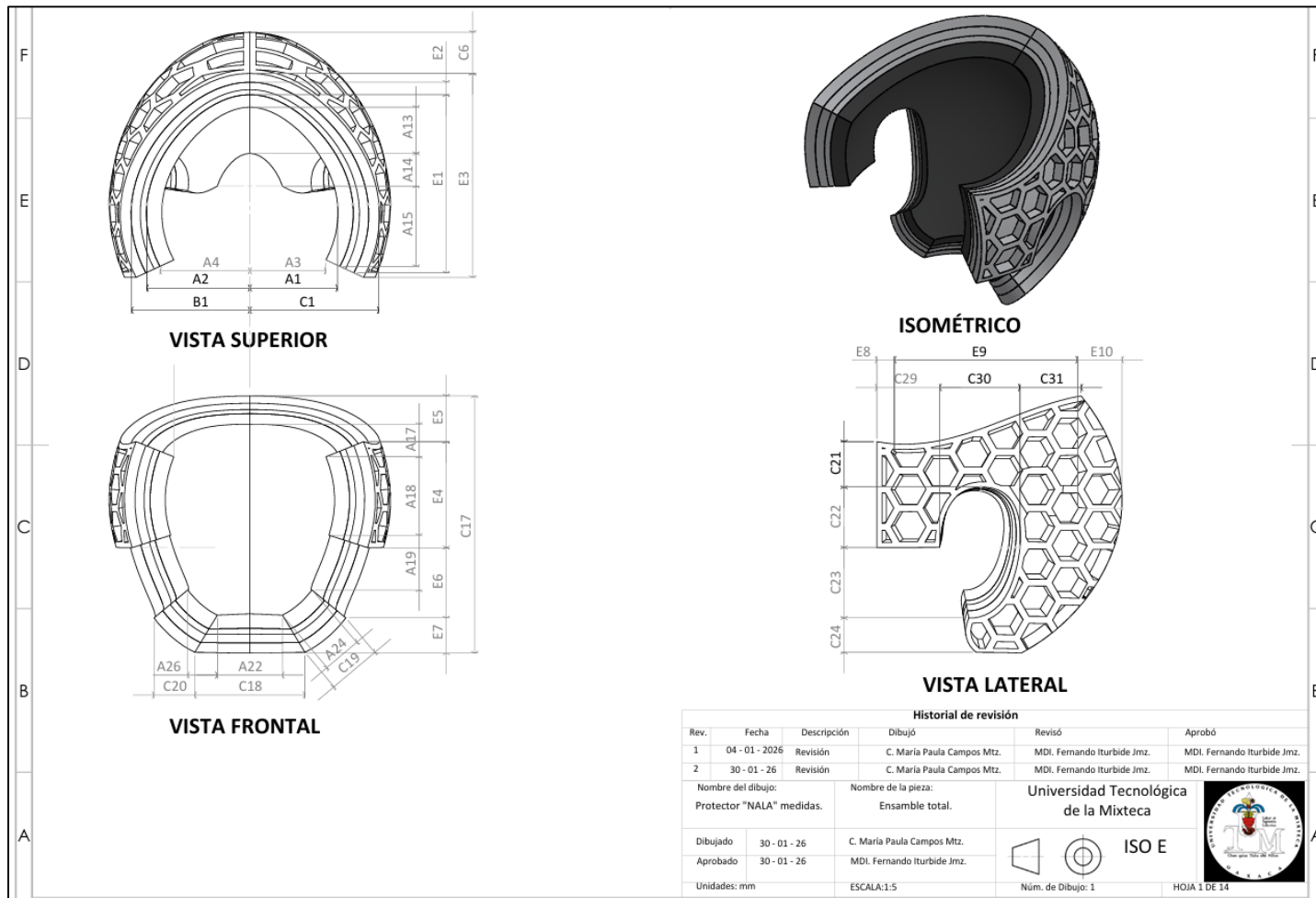
Así mismo en la *Figura 29* se muestra mediante una imagen realista el uso del protector para tener una mejor percepción del dispositivo. Esta imagen muestra su uso en las 3 vistas generales.

Figura 29: Protector "NALA" en uso



El dispositivo de protección craneal, tiene medidas en 3 tamaños: S, M & L. Esto con la finalidad de abarcar todos los usuarios posibles debido a que cada uno cuenta con dimensiones distintas mismas que son clasificadas en un número determinado de percentil, estos se dividen en percentiles de 5, 50 y 95. En la Figura 30 se observan las medidas generales que conforman el dispositivo. Así mismo en la Tabla 28 se observan los valores de mencionadas medidas.

Figura 30: Medidas



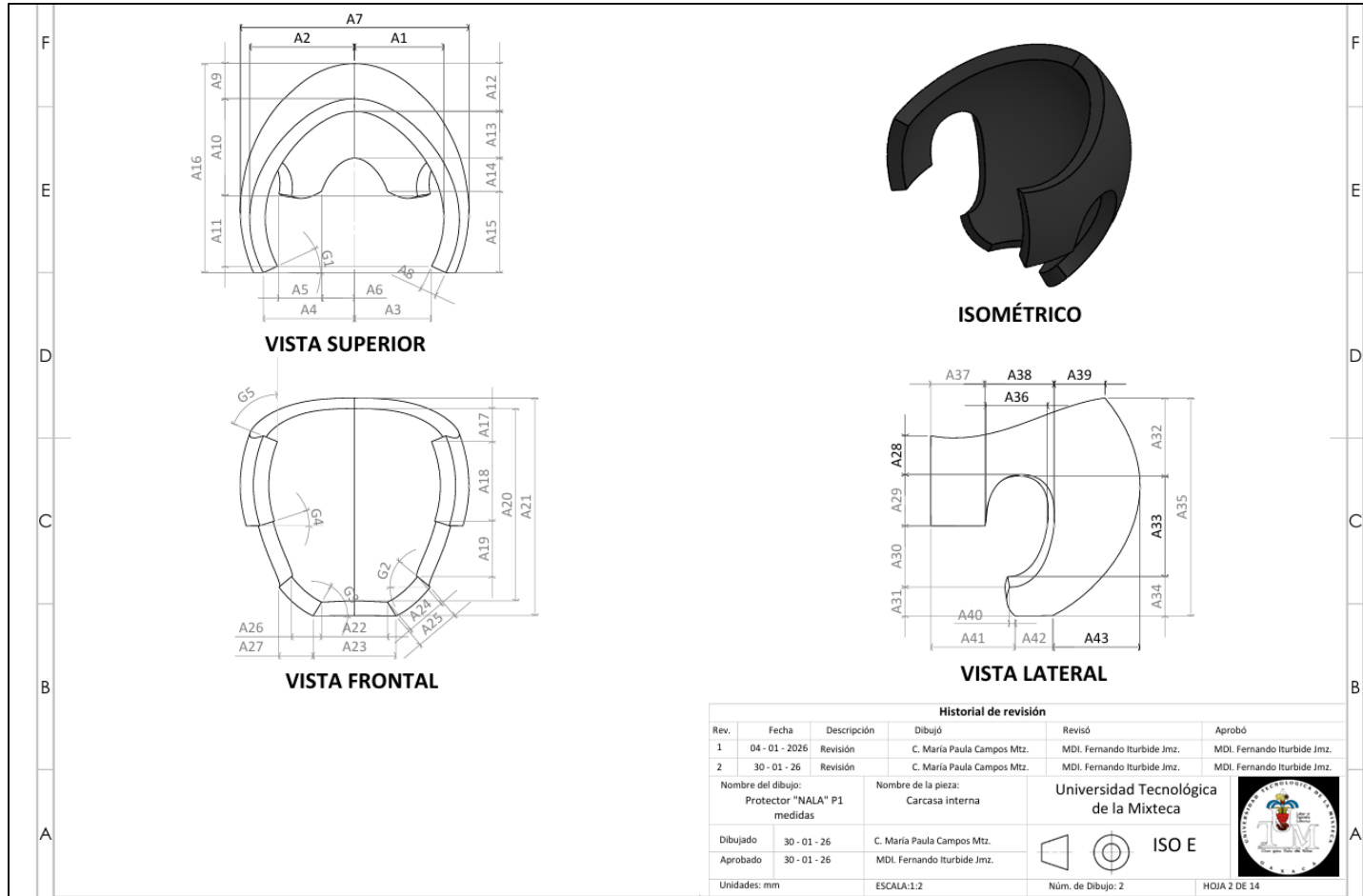
~ 89 ~

Tabla 28: Medidas generales S M L

Medida	S	M	L
A1	68	73	79
A2	80	86	93
A3	59	63	68
A4	70	75	81
A13	36	38	41
A14	25	27	29
A15	62	67	72
A17	25	27	29
A18	61	65	70
A19	42	45	49
A22	50	54	58
A24	30	32	35
A26	23	25	27
B1	92	98	107
C1	100	107	116
C6	32	34	37
C17	198	213	230
C18	85	91	99
C19	41	44	48
C20	32	34	37
C21	35	38	41
C22	47	50	54
C23	54	58	63
C24	27	28	31
C29	48	52	56
C30	62	67	72
C31	47	51	55
E1	138	148	160
E2	69	74	80
E3	158	169	183
E4	82	88	95
E5	35	38	41
E6	54	58	63
E7	27	29	32
E8	13	14	16
E9	141	152	164
E10	34	37	40

El dispositivo de protección craneal se divide en 3 piezas, cada una de estas varían de igual manera según la dimensión del cráneo por lo tanto es necesario medir cada capa (pieza) del protector craneal en sus medidas S, M y L. En la Figura 31 se observan las medidas de la carcasa interna y en la Tabla 29 se muestran sus valores.

Figura 31: Carcasa interna medidas



~ 70 ~

Tabla 29: Medidas carcaza interna S M L

Medida	S	M	L
A1	68	73	79
A2	80	86	93
A3	59	63	68
A4	70	75	81
A5	32	35	38
A6	25	27	29
A7	174	187	202
A8	13	10	10
A9	27	29	31
A10	74	80	86
A11	54	57	62
A12	36	39	42
A13	36	38	41
A14	25	27	29
A15	62	67	72
A16	159	171	185
A17	25	27	29
A18	61	65	70
A19	42	45	49
A20	146	157	170
A21	166	178	193
A22	50	54	58
A23	64	68	74
A24	30	32	35
A25	34	37	40
A26	23	25	27
A27	26	28	30
A28	29	32	34
A29	39	42	45
A30	47	50	54
A31	22	24	26
A32	59	64	69
A33	77	82	89
A34	30	32	35
A35	166	178	193
A36	47	50	54
A37	41	44	48
A38	53	57	61
A39	39	42	45
A40	4	5	5
A41	64	69	75
A42	29	31	33
A43	66	71	77

En la Figura 32 se observan las medidas de la carcasa intermedia y en la Tabla 30 las medidas correspondientes en los tamaños S, M y L.

Figura 32: Carcasa intermedia

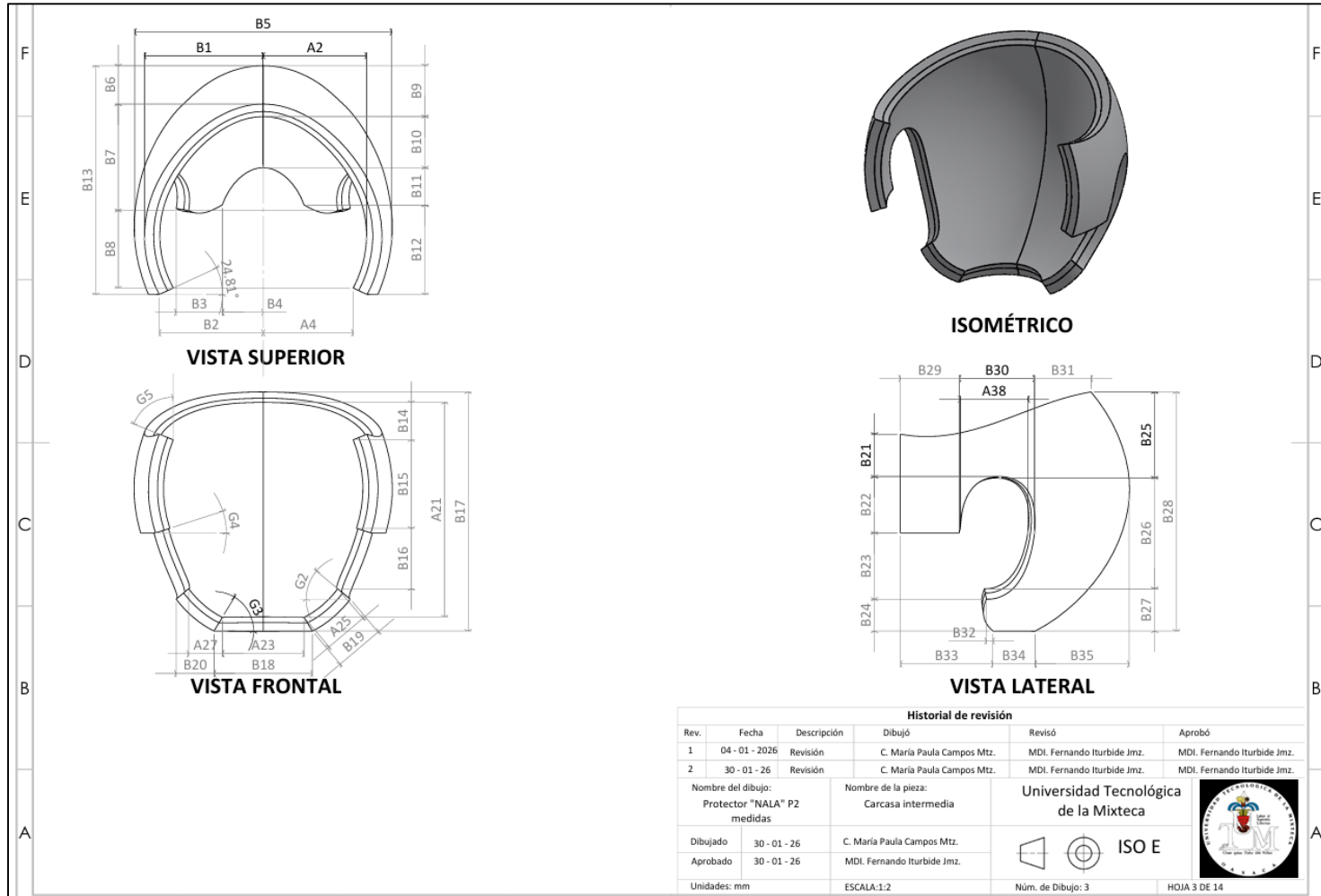


Tabla 30: Carcasa intermedia S M L

Medida	S	M	L
A2	80	86	93
A4	70	75	81
A21	166	178	193
A23	63	68	73
A25	34	37	40
A27	26	28	30
A38	53	57	61
B1	92	98	107
B2	80	86	93
B3	36	38	41
B4	32	34	37
B5	199	213	231
B6	30	32	35
B7	82	88	96
B8	60	64	70
B9	39	42	46
B10	40	42	46
B11	29	31	33
B12	69	74	80
B13	177	190	206
B14	29	31	34
B15	69	74	80
B16	47	50	54
B17	185	199	215
B18	76	82	88
B19	38	41	44
B20	29	31	34
B21	33	35	38
B22	44	47	51
B23	51	55	59
B24	25	27	29
B25	67	71	77
B26	86	92	100
B27	33	35	38
B28	185	199	215
B29	45	49	53
B30	58	62	68
B31	73	78	85
B32	5	5	6
B33	71	77	83
B34	32	35	38
B35	73	78	85

En la Figura 33 se observan las medidas de la carcasa intermedia y en la Tabla 30 las medidas correspondientes en los tamaños S, M y L.

Figura 33: Carcasa externa medidas

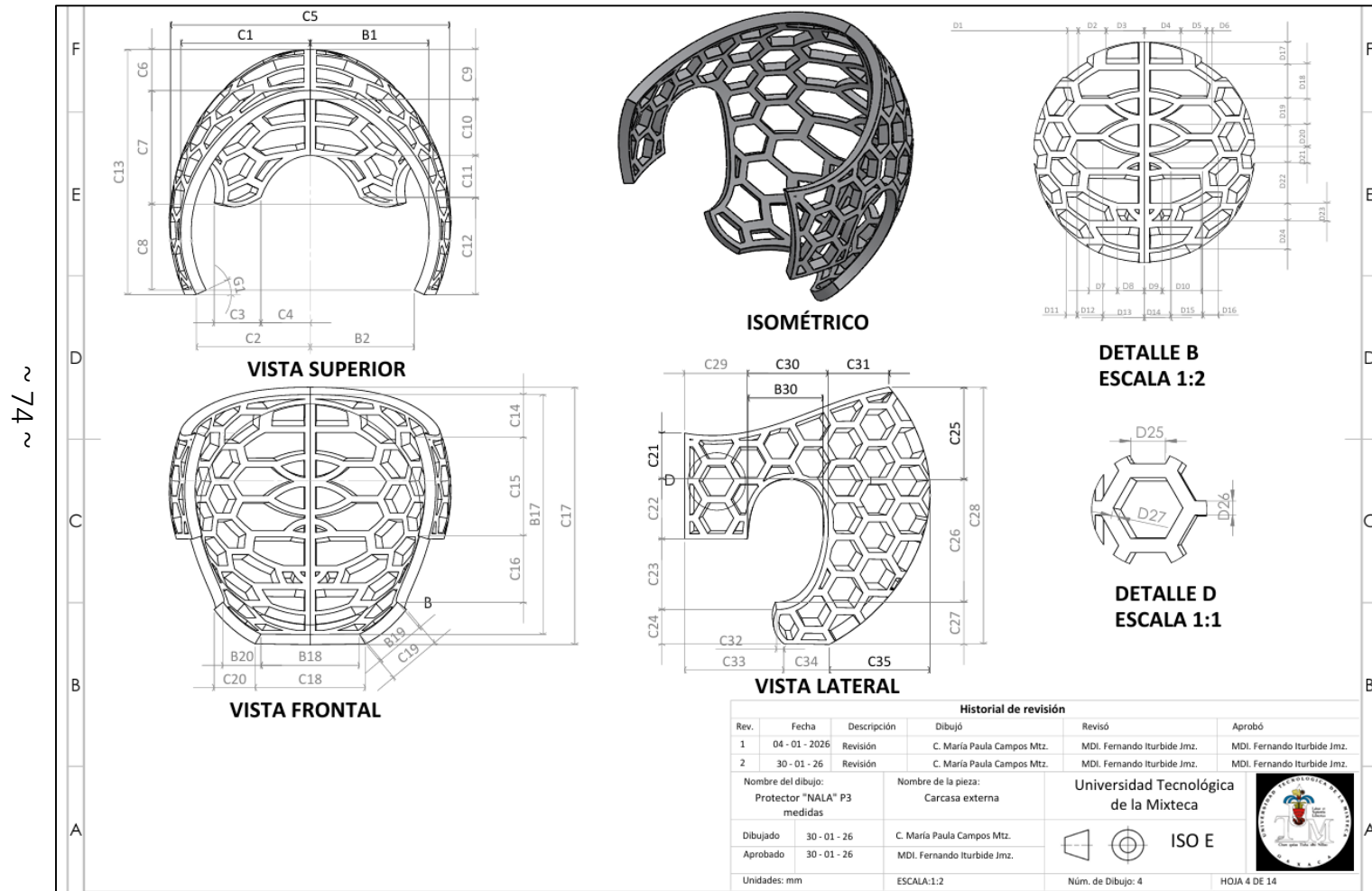


Tabla 31: Carcasa externa S M L

Medida	S	M	L
B1	92	98	107
B2	80	86	93
B17	185	199	215
B18	76	82	88
B19	38	41	44
B20	29	31	34
B30	58	62	68
C1	100	107	116
C2	88	94	102
C3	36	39	42
C4	38	41	44
C5	215	231	250
C6	32	34	37
C7	88	94	102
C8	66	71	77
C9	39	41	45
C10	43	47	50
C11	32	35	38
C12	75	80	87
C13	189	203	220
C14	33	35	38
C15	76	82	89
C16	51	55	59
C17	198	213	230
C18	85	91	99
C19	41	44	48
C20	32	34	37
C21	35	38	41
C22	47	50	54
C23	54	58	63
C24	27	28	31
C25	71	76	83
C26	95	102	110
C27	32	35	37
C28	198	213	230
C29	48	52	56
C30	62	67	72
C31	47	51	55
C32	6	6	6
C33	77	82	89
C34	35	37	41
C35	78	83	90

3.8.6 Segunda parte

La segunda parte se divide en dos secciones: Sección A y sección B. La sección A.

3.8.3.1 Sección A

En la sección A se elabora el diseño para la pieza encargada de almacenar el acelerómetro. Primero se define la zona en la que irá colocado el acelerómetro.

Gracias a su pequeño tamaño (21 x 16 x 0.1 mm) es posible colocarlo en un área límite de un hexágono trasero como se muestra en las Figuras 34 y 35.

Figura 34: Primera propuesta

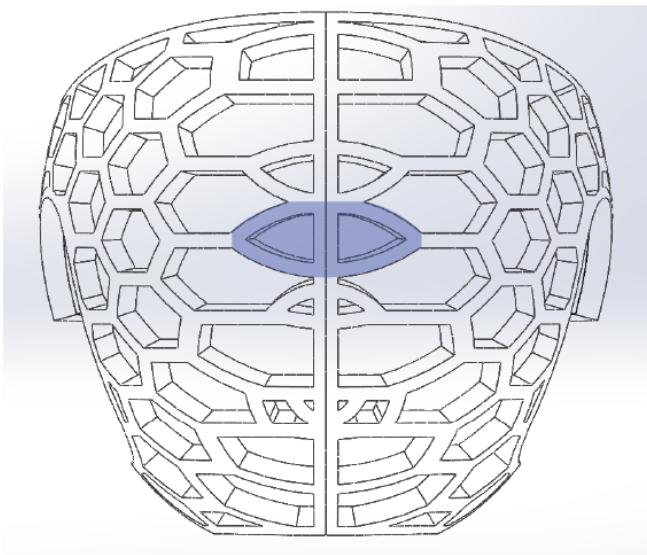
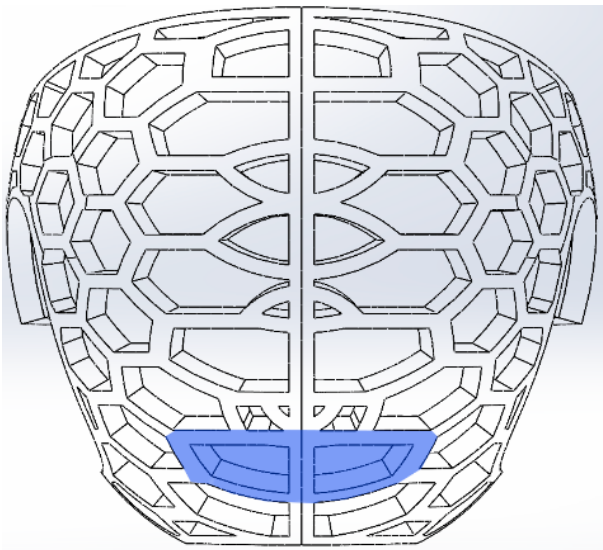


Figura 35: Segunda propuesta



Después de definir la zona de ubicación se realizan las siguientes propuestas:

PROPUESTA 1

La propuesta 1 se observa en la *Figura 36* y *Figura 37*.

Figura 36: Propuesta 1 vista general



Materiales:

Nylon 66 (PA66).

Método de fabricación:

Impresión 3d.

Tipo de ensamble: Temporal.

Primer ensamble de cangrejo.

Segundo ensamble a presión.

Figura 37: Propuesta 1 a detalle



Para entender mejor el tipo de funcionamiento de la propuesta 1 se realiza una explicación gráfica mostrada en la *Figura 38*, *39*, *40* y *41*.

Figura 38: Despiece

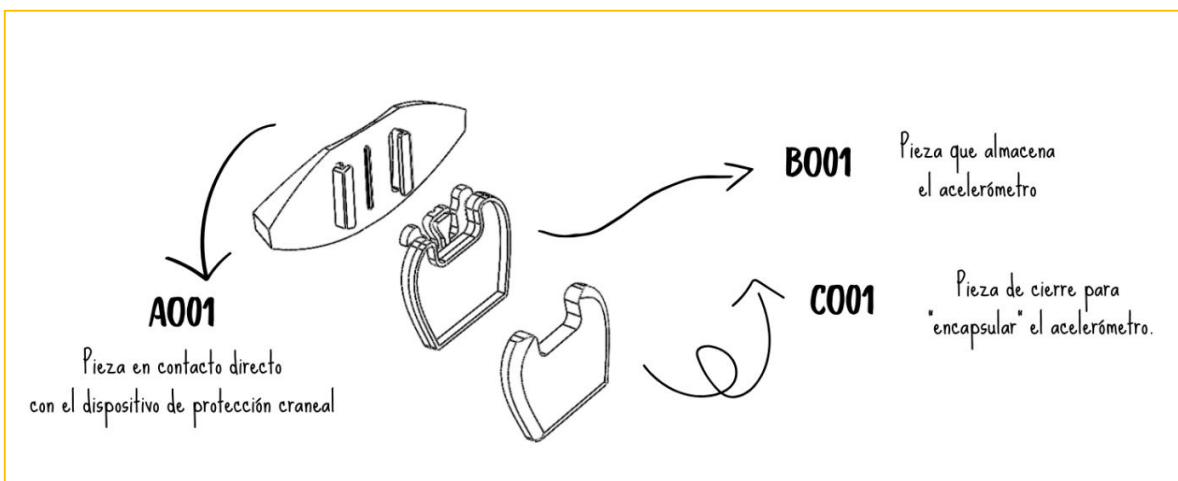


Figura 39: Primer ensamble

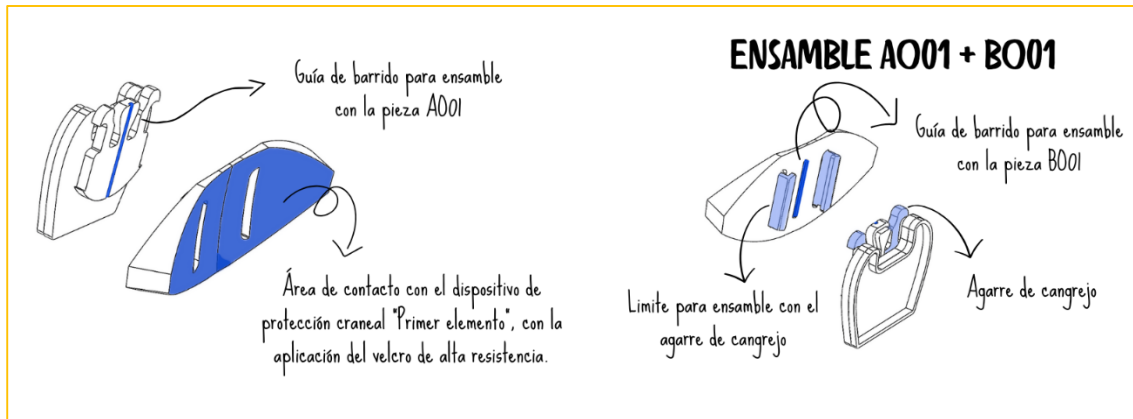


Figura 40: Segundo ensamble

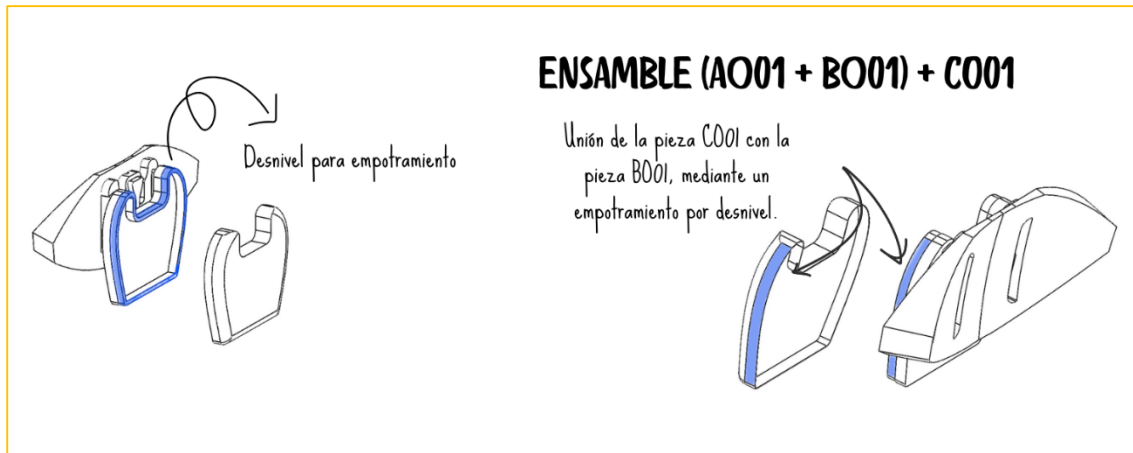
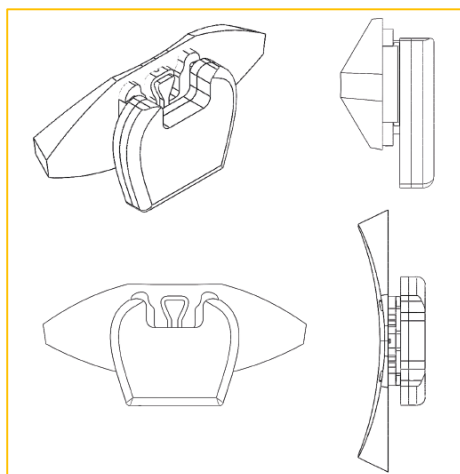


Figura 41: Vistas generales de la propuesta 1



PROPUESTA 2

La propuesta dos se observa en la *Figura 42 y 43*.

Figura 42: Propuesta 2 vista general



Materiales:

Nylon 66 (PA66).

Método de fabricación:

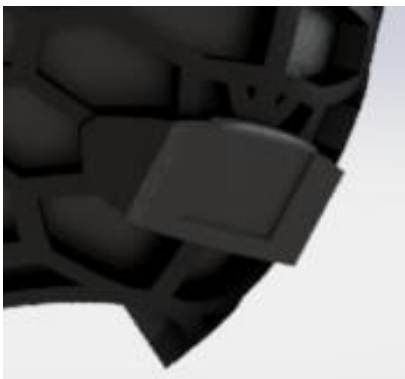
Impresión 3d.

Tipo de ensamble: Temporal.

Primer ensamble de cangrejo.

Segundo ensamble a presión.

Figura 43: Propuesta 2 vista a detalle



Para entender mejor el tipo de funcionamiento de la propuesta 1 se realiza una explicación gráfica mostrada en la *Figura 44, 45, 46 Y 47*.

Figura 44: Despiece de la propuesta 2

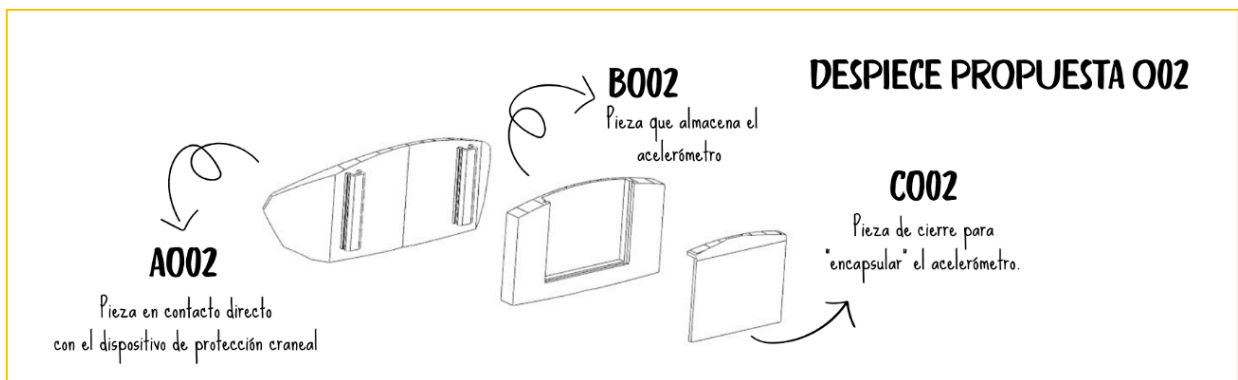


Figura 45: Primer ensamble

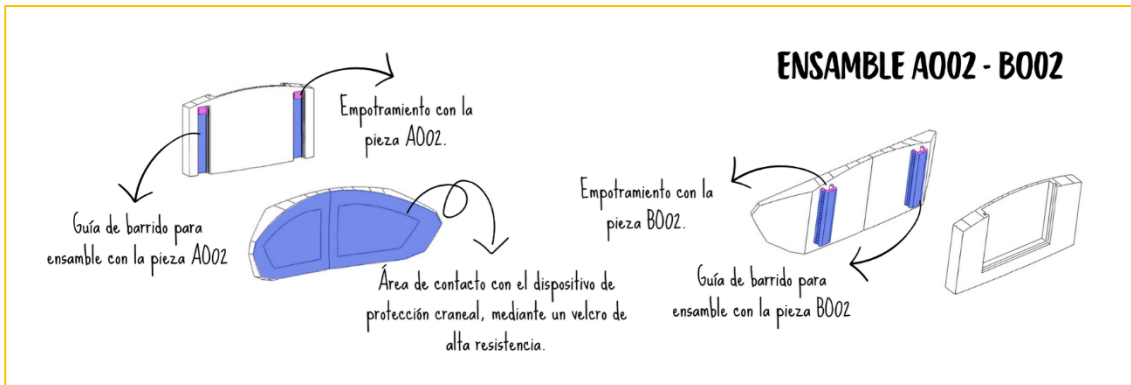


Figura 46: Segundo ensamble

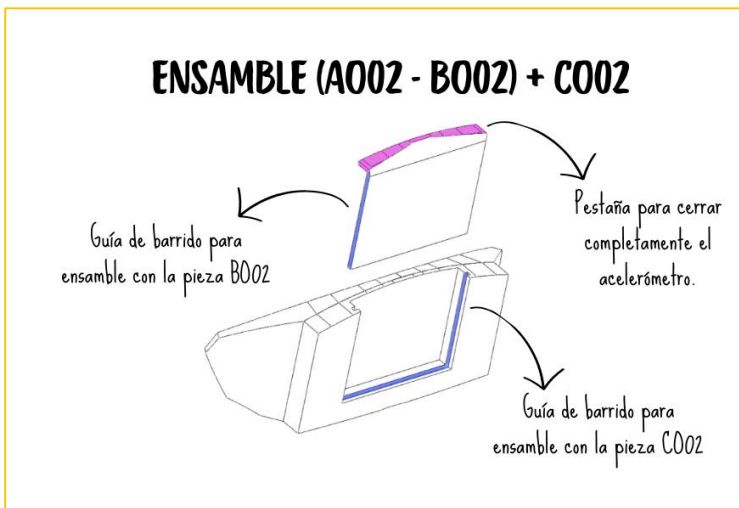
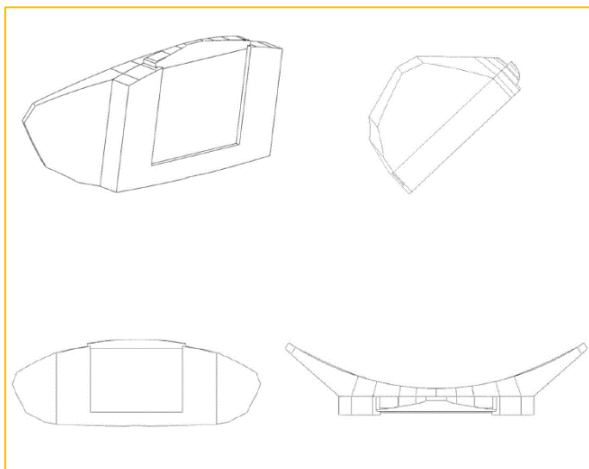


Figura 47: Vistas generales de la propuesta 2



3.8.7 Elección de la propuesta

A continuación, se presenta la evaluación correspondiente al segundo elemento (Caja del acelerómetro).

La evaluación se divide en 3 análisis que son considerados necesarios para valorar qué tanto satisfacen ambas propuestas las necesidades del usuario. Estos análisis son:

- Análisis de grados de libertad.
- Análisis de peso.
- Análisis de resistencia de ensambles.

3.8.7.1 Análisis de grados de libertad

Los grados de libertad son el número de movimientos independientes que un objeto puede realizar mediante los ensambles o mecanismos que a este se le atribuyan. Al analizar los grados de libertad, se conoce el movimiento en los ejes x, y & z que realizará el elemento al aplicarse aceleración o inclinación.

El resultado de grados de libertad de ambas propuestas se observa en la siguiente *Tabla 32* y Figuras 48, 49 y 50.

Tabla 32 Tabla de grados de libertad:

Propuesta	x+	x-	y+	y-	z+	z-
O01	0	0	0	0	1	0
O02	0	0	2	0	0	0

Figura 48: Grados de libertad

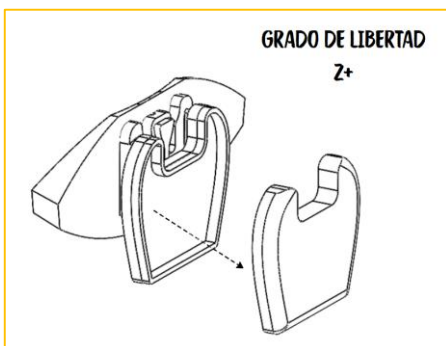


Figura 49: Grado de libertad 1

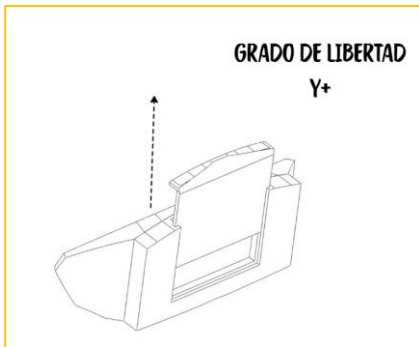
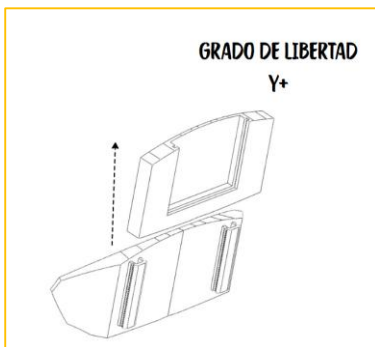


Figura 50: Grado de libertad 2



3.8.7.2 Análisis de peso

Es importante que el peso de la sección A sea lo menor posible para evitar un cansancio de fatiga en el usuario al momento de utilizar el producto.

Para esta etapa fue necesario mandar a imprimir las piezas en 3D; gracias a esto se observó que los ensambles no son funcionales porque sus medidas son demasiado pequeñas. Además de observar un ensamble innecesario entre la pieza A y la pieza B en ambas propuestas, razón por la cual se tuvieron que realizar los cambios necesarios en ambos diseños, quedando de la siguiente manera.

Después de realizar los cambios necesarios y mandar a imprimir nuevamente las piezas en 3D, se obtienen los resultados de la *Tabla 33*.

Tabla 33: Pesos de propuestas

Propuesta	Peso (g)
Propuesta 1	19
Propuesta 2	17

3.8.7.3 Resistencia de ensambles

El último análisis es evaluar la resistencia de los ensambles aplicados en cada modelo. Para realizar este análisis se realizó una prueba de caída libre. Cada modelo se deja caer en 3 alturas diferentes para observar el comportamiento de los ensambles y poder determinar cuál ensamble se “desarma” y cuál prevalece.

El número 1 corresponde a aquellos ensambles que permanecieron unidos después de la caída y el número 2 a aquellos que fallaron.

Los resultados se observan en la *Tabla 34*.

Tabla 34: Análisis de ensamble

Propuesta 1	Resultado	Propuesta 2	Resultado
Ensamble de cangrejo (Primera unión)	1	Ensamble por deslizamiento & unión (Primera unión)	2
Ensamble por presión (Segunda unión)	2	Ensamble por deslizamiento (Segunda unión)	1

3.8.7.4 Modificaciones de la pieza

Como se observa en la tabla anterior, ninguna de las piezas cumple con ambos ensambles aceptables. Sin embargo, después de analizar las piezas de manera detenida, se observó que la primera unión es innecesaria debido a que la segunda pieza se desprenderá de la primera pieza mediante un velcro. De acuerdo a lo analizado, se realizaron los siguientes cambios en ambas piezas. En la *Figura 51* se observan las modificaciones de ensamble en la primera propuesta y en la *Figura 52* se muestran los mismos cambios, pero en la segunda propuesta.

Figura 51: Ensamble A001 + B001

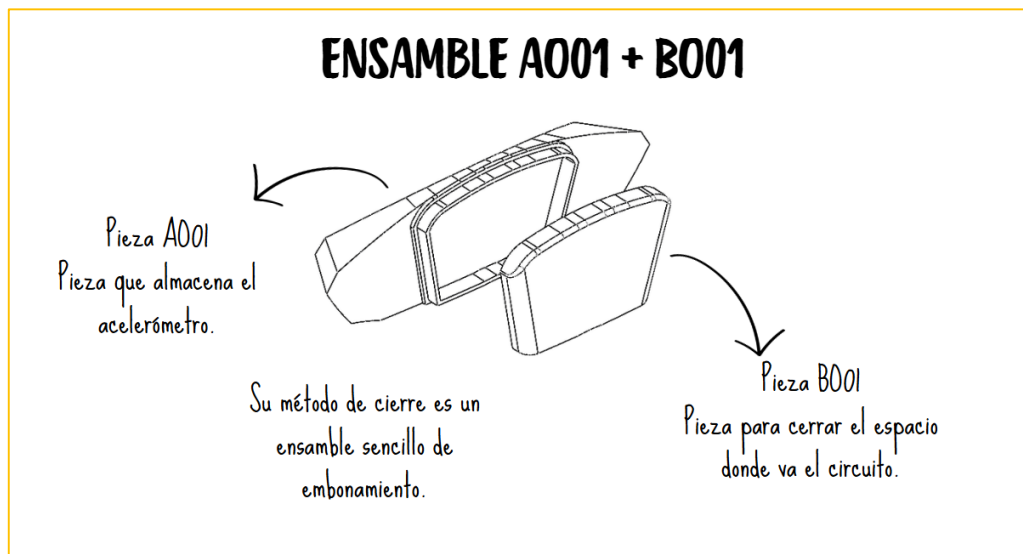
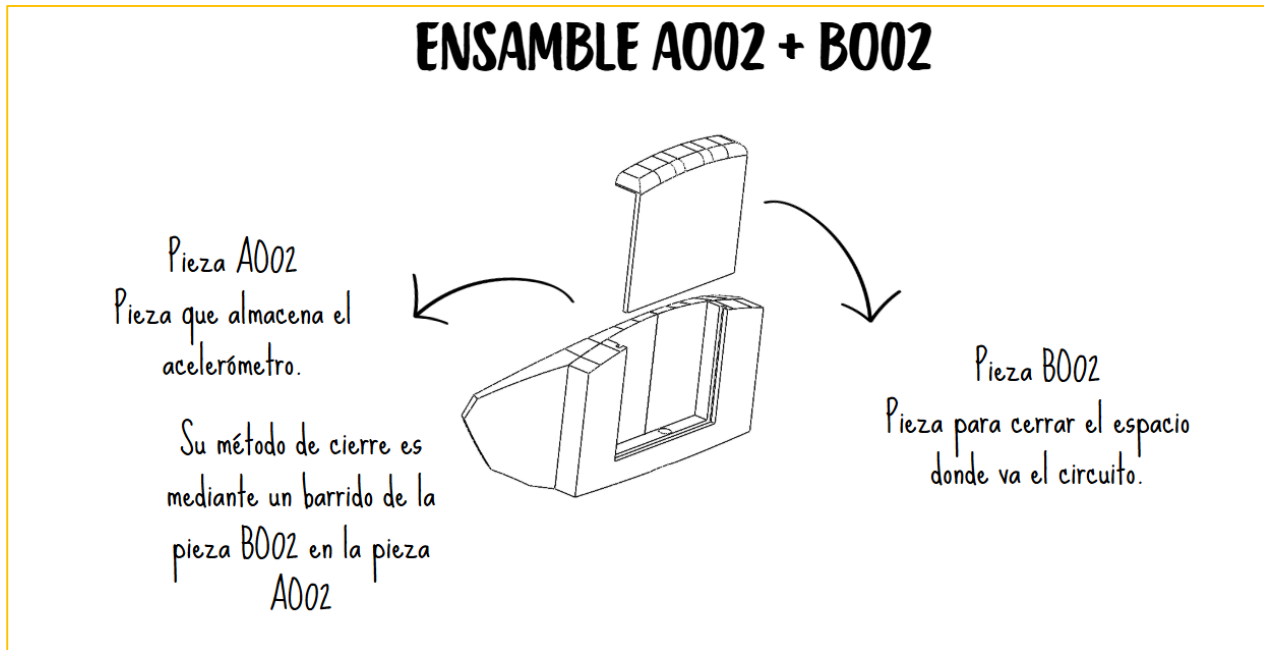


Figura 52: Ensamble A002 + B002



Después de realizar los cambios necesarios, se procedió a volver a realizar los análisis anteriores, ya que modifica todos los datos anteriores,

3.8.7.5 Nuevas evaluaciones

Para seleccionar la propuesta, las piezas diseñadas con sus respectivas modificaciones se volvieron a evaluar con una tabla comparativa de: grados de libertad, peso y resistencia de ensamble. Los resultados se observan en la *Tabla 35, 36 y 37*.

Tabla 35: Grados de libertad

Propuesta	x+	x-	y+	y-	z+	z-
O01	0	0	0	0	1	0
O02	0	0	1	0	0	0

Tabla 36: Pesos de propuestas

Propuesta	Peso (g)
Propuesta 1	10
Propuesta 2	14

Tabla 37: Resistencia de ensamble

Propuesta 1	Resultado	Propuesta 2	Resultado
Ensamble por presión (Segunda unión)	2	Ensamble por deslizamiento (Segunda unión)	1

Para seleccionar una propuesta, es necesario sumar los números obtenidos y aquella que tenga el mayor puntaje es la menos indicada para desarrollar la función deseada.

Para sumar los pesos, se evaluó con el número 1 a la propuesta más ligera y con el número 2 a la más pesada.

Al realizar la suma correspondiente, se obtiene para la propuesta 1 un puntaje de 4 y la propuesta 2 obtiene un puntaje de 3.

Por lo tanto, la propuesta final es la 2 por ser la que tiene mejor puntuación en las tablas comparativas.

3.8.9 Diseño a nivel de detalle

En este apartado se muestra de manera gráfica como se utiliza la pieza 2 y planos.

3.8.9.1 Modo de uso

Primer paso: Ubicar la pieza del acelerómetro encima del área del velcro. Este paso se observa en la *Figura 53*.

Segundo paso: Presionar la pieza del acelerómetro en el dispositivo de protección craneal. Este paso se observa en la *Figura 54*.

Tercer paso: Gracias al velcro de alta resistencia y a su pequeña área de contacto la pieza permanece estable y es de fácil ensamble. Este paso se observa en la *Figura 55*.

Figura 53: Primer paso



Figura 54: Segundo paso

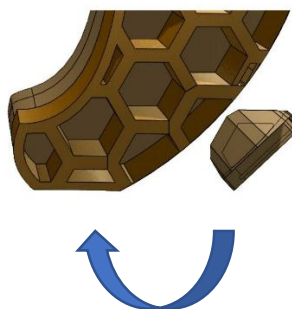


Figura 55: Tercer paso



3.8.9.2 Vistas generales del almacenador del acelerómetro

En el siguiente plano *Figura 56* se observan las medidas de la primera pieza para almacenar el acelerómetro. Como este dispositivo va colocado en el dispositivo de protección craneal a medida que el protector se conforme en sus tamaños S, M y L, ocurre una variación en esta pieza, es por eso la importancia de implementarla en sus 3 tamaños. Así mismo en la Tabla 38 se observa los valores de mencionadas medidas.

Figura 56: Sección A parte 1 medidas

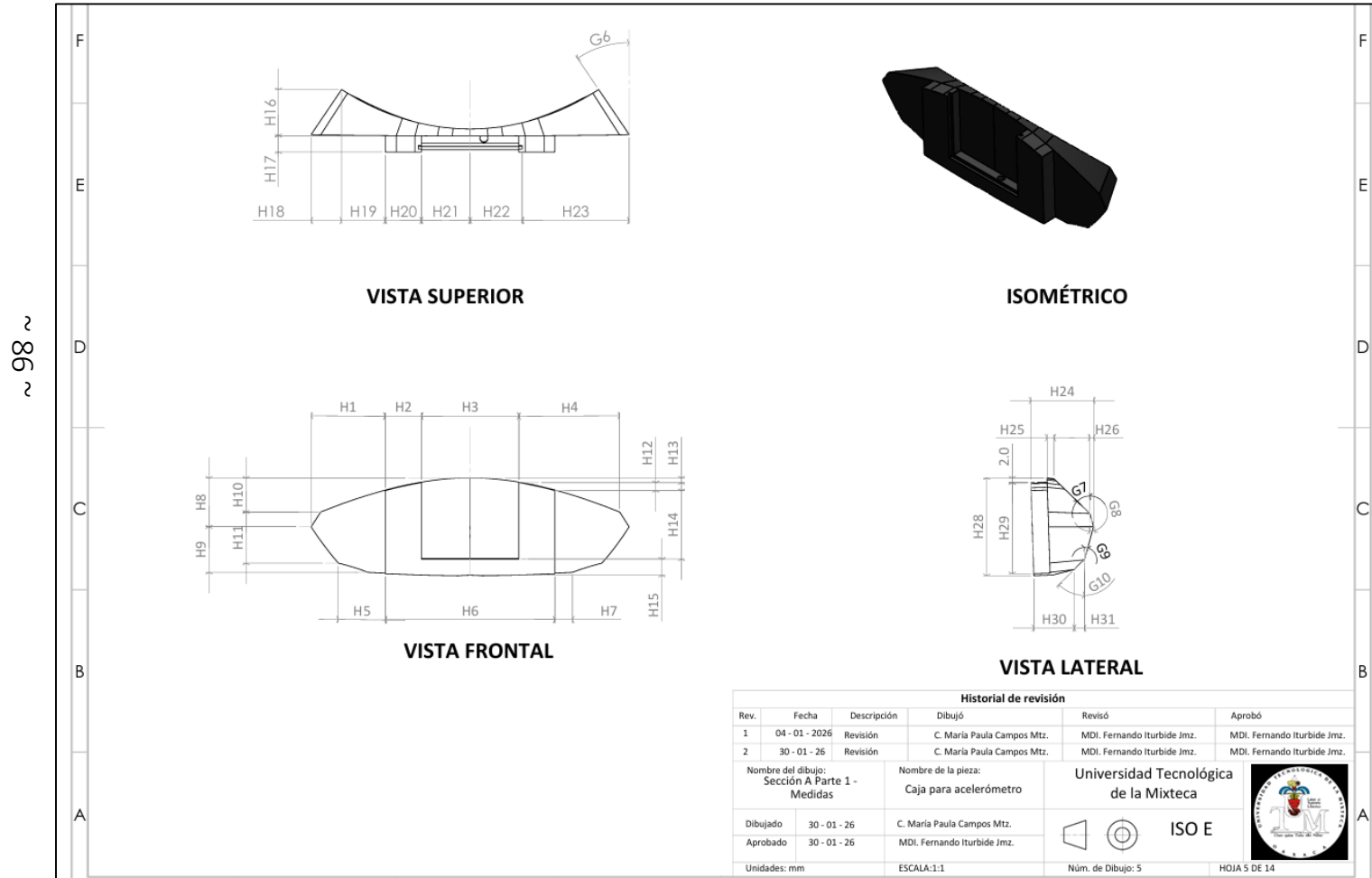


Tabla 38: Sección A Pieza 1 en sus 3 tamaños

Medidas	S	M	L
H1	29	31	33
H2	18	21	24
H3	30	30	30
H4	40	43	46
H5	19	21	22
H6	66	72	78
H7	7	7	8
H8	19	20	22
H9	18	19	21
H10	13	14	15
H11	20	21	23
H12	3	3	4
H13	2	2	3
H14	25	27	29
H15	6	7	7
H16	18	19	21
H17	5	5	5
H18	12	13	14
H19	17	18	20
H20	18	21	24
H21	15	15	15
H22	16	16	16
H23	46	51	56
H24	23	24	26
H25	3	3	3
H26	1	2	2
H27	2	2	2
H28	37	39	43
H29	35	38	41
H30	16	17	18
H31	4	4	5

Así mismo al modificarse las medidas de la caja del acelerómetro se modifica de manera inmediata las medidas de la tapadera para almacenar el acelerómetro. Las medidas de esta pieza, Sección A Pieza B, se observan en la Figura 57 así mismo los datos de las mismas se muestran en la Tabla 39.

Figura 57: Sección A parte 2 medidas

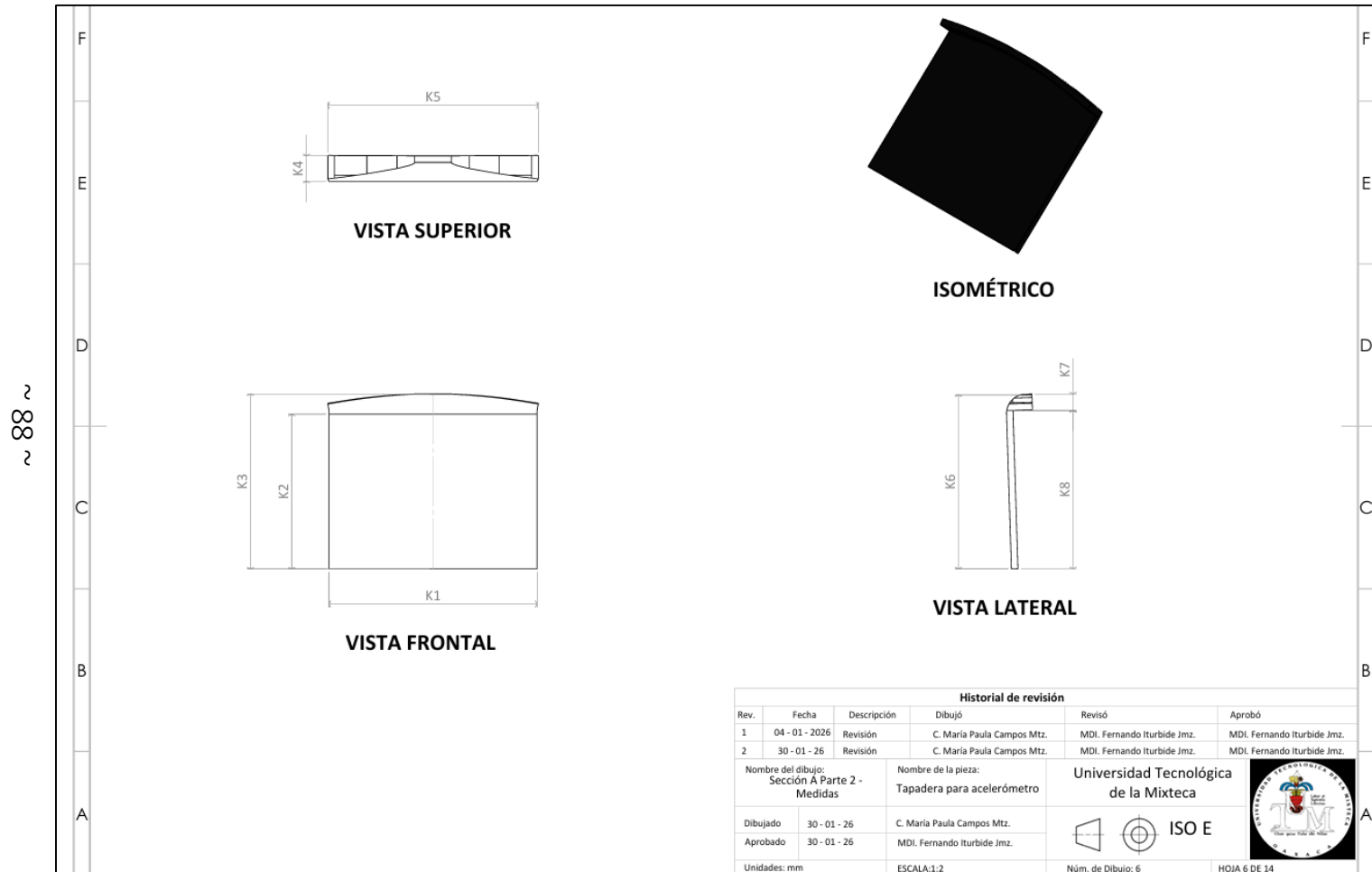


Tabla 39: Sección A pieza 2 3en sus 3 tamaños

Medidas	S	M	L
K1	32	32	32
K2	29	31	34
K3	31	33	37
K4	4	4	4
K5	32	32	32
K6	31	33	37
K7	3	3	4
K8	28	30	33

3.8.9.3 Sección B

En esta sección se muestra el proceso de diseño para el brazalete que almacena los circuitos electrónicos. Para realizar el diseño se realiza un análisis previo mostrado a continuación.

¿Es necesario tener acceso rápidamente al circuito? Sí, porque el método de carga es mediante una batería recargable y para cargar su pila, es necesario acceder el circuito electrónico.

¿Cuál puede ser un método de cierre y apertura práctico para el usuario? El cierre y el velcro.

¿De qué materiales se recomienda realizar el brazalete? Principalmente tela de poliéster de alta resistencia y en la sección del brazo tela transpirable.

¿Cómo se va a integrar el brazalete al concepto de diseño? Con las formas hexagonales característico del protector "NALA"

La tercera parte es una pieza, elaborada principalmente de textil. Se coloca en el brazo del usuario principal cuya función es almacenar todos los componentes electrónicos requeridos, incluyendo el centro de carga.

Los componentes electrónicos insertados en esta pieza diseñada se observan en la *Tabla 40*.

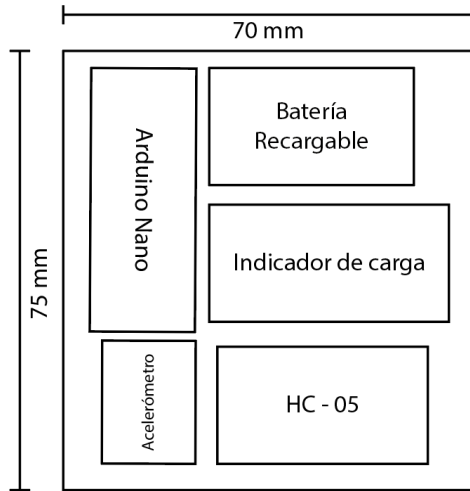
Tabla 40: Medidas de los componentes electrónicos

Componente	Medida(mm)
Batería Recargable Lipo 602035 3.7 V	35*20*6
Indicador medidor de carga para batería de litio 18650 de 1s a 8s	41*20*11
Arduino nano	18*45
Acelerómetro MPU (6005)	21*16*1
HC-05	36*20*3

Los componentes electrónicos se sueldan en una placa de aluminio. El acomodo de las piezas se observa en la Fig. 54. Cuyas dimensiones son de 70 mm x 75 mm. La tercera parte del dispositivo es un brazalete que se coloca en el brazo del usuario principal, cuyas dimensiones permanecen en un rango de 270 a 290

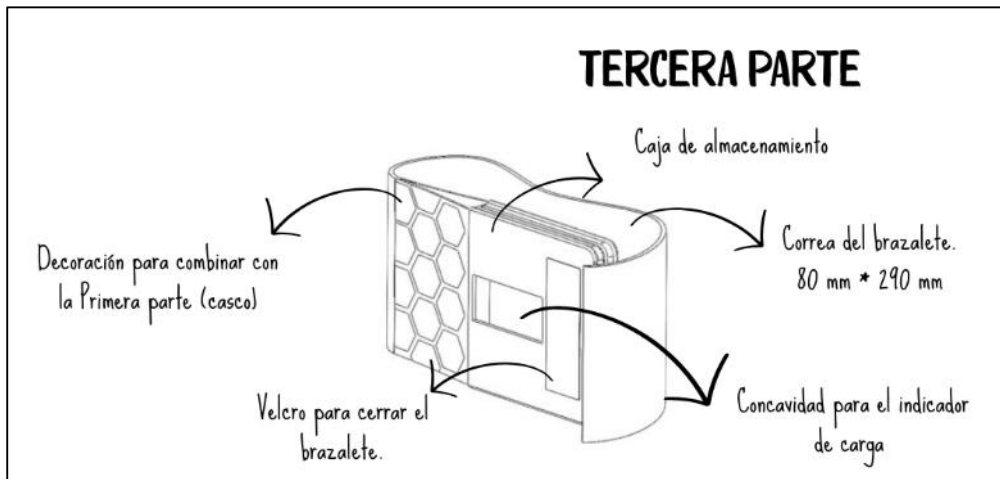
mm. De acuerdo a las dimensiones del diámetro del brazo (270 a 290 mm) y las dimensiones de la placa para los circuitos electrónicos, se tiene un área libre de 200 mm, siendo esta suficiente para lograr confort y comodidad al usuario porque los componentes electrónicos no rodean todo el brazo. En la siguiente *Figura 58* se ve la primera propuesta correspondiente a la placa en donde van soldados los componentes electrónicos.

Figura 58: Distribución de los elementos en la placa a soldar



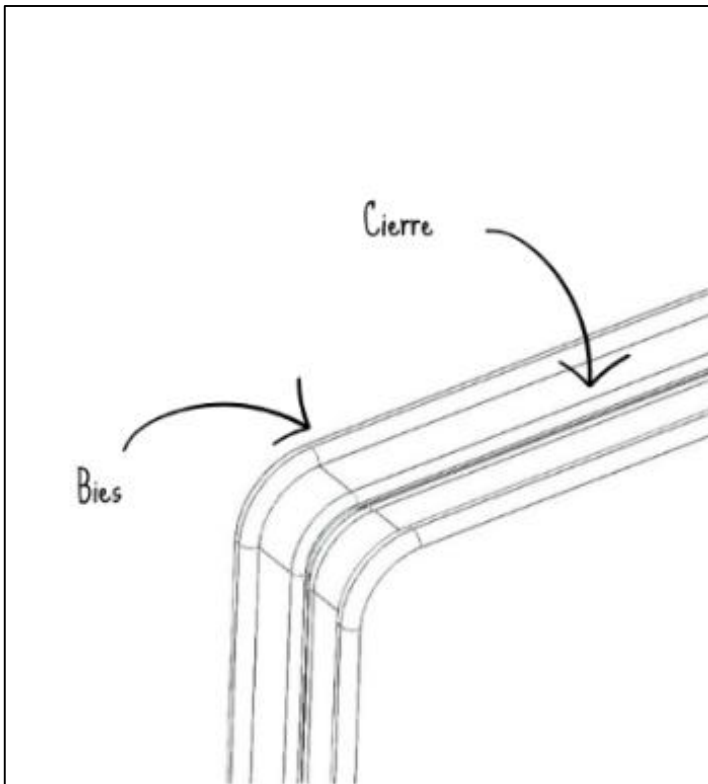
La propuesta para el brazalete de brazo (Tercera Parte) se observa en las siguientes imágenes. En la *Figura 59* se observan los elementos que conforman a la propuesta.

Figura 59: Propuesta Tercera Parte



En la *Figura 60* se observa el sistema de cierre que se utiliza para almacenar los circuitos electrónicos. El mencionado método de cierre debe ser de fácil ingreso para recargar la pila que da energía al circuito electrónico.

Figura 60: Método de cierre



Los materiales para elaborar la tercera y última parte de este proyecto son los siguientes:

Poliéster: Son telas rígidas y transpirables ideales para accesorios deportivos. El tipo de tejido es 87% poliéster y 13% licra, ideal para obtener ajuste.

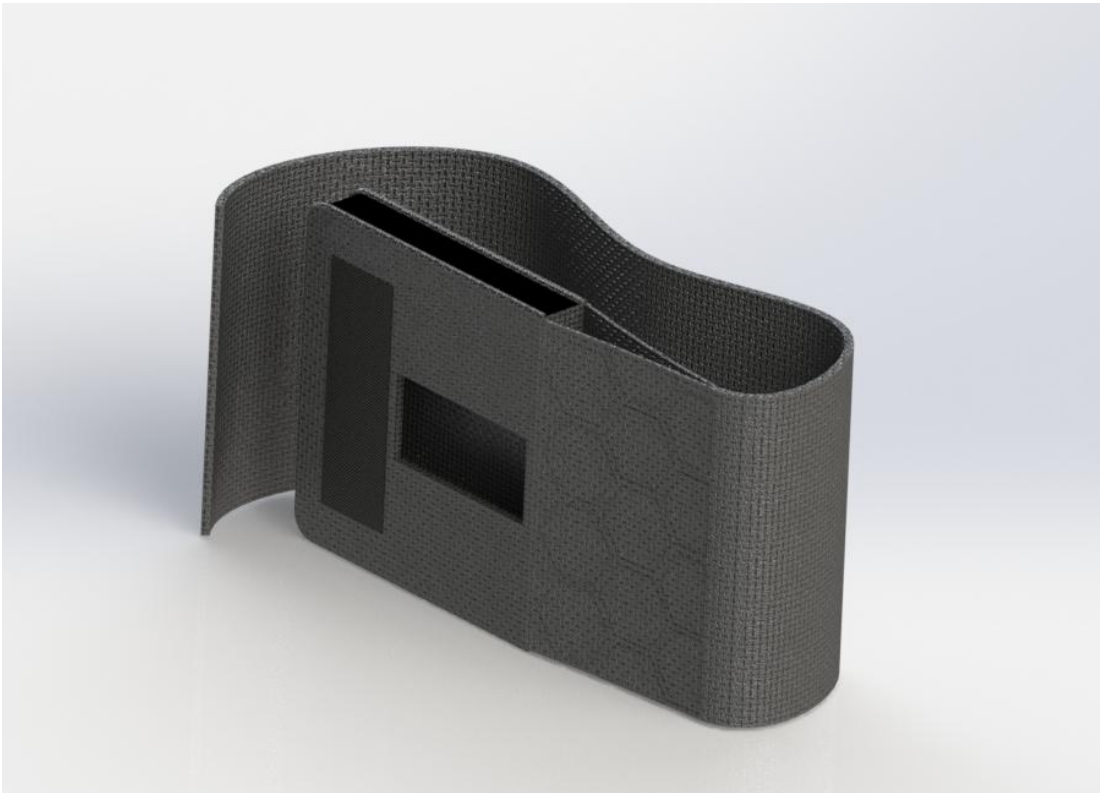
Bies de poliéster Ideal para marcar los dobleces en la “Caja de almacenamiento”. Aumenta la rigidez y estructura de la pieza.

Velcro de alta resistencia: Con una anchura de 5 cm, ideal para generar un mejor ajuste y estabilidad durante su uso.

En las siguientes imágenes se observan los renderizados finales; en estas imágenes se puede observar de manera gráfica el equilibrio visual, proporciones, colores y acabados pensados para la tercera pieza.

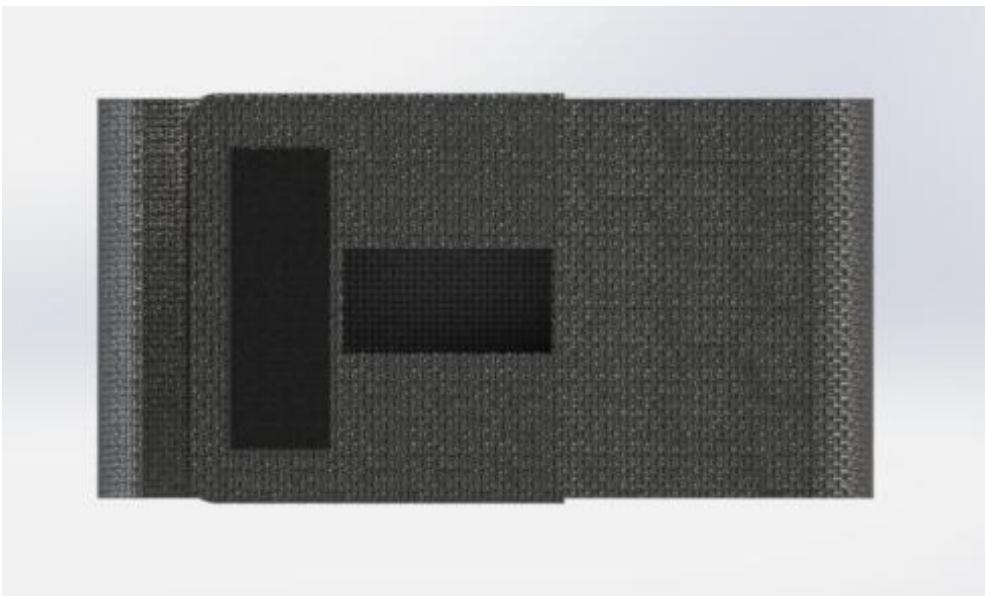
En la *Figura 61* se puede observar la primera propuesta mediante un render con la vista isométrica que compone el tercer elemento (elemento que almacena el circuito electrónico). La concavidad que se muestra en esta propuesta es la sección donde se ensambla el medidor de energía; debido a que debe ser fácilmente visible, este circuito tendrá contacto directo con el exterior.

Figura 61: Render Isométrico



En la Fig. 62 se observa mediante un render la primera propuesta en su vista frontal. Al observar el objeto de manera frontal, podemos apreciar la proporción de la caja de almacenamiento de los circuitos. De igual manera, se observa el sistema de cierre conformado por un velcro de alta resistencia.

Figura 62: Render Frontal



Para finalizar, observamos mediante un render la vista isométrica trasera, *Figura 63*. Apreciando así la parte de la propuesta que tendrá contacto directo con el brazo del usuario. Como se observa en la imagen, esta parte del tercer elemento no tiene ningún tipo de acabado o desnivel en la sección de ajuste con el brazo; gracias a esto evitaremos molestias al momento de uso.

Figura 63: Render Isométrico Trasero



3.8.9.4 Diseño a detalle

En este apartado se muestra de manera gráfica como se utiliza la pieza 3 y planos.

3.8.9.1 Modo de uso

Primer paso: Colocar la pieza por encima del hombro y rodear la correa del circuito en el brazo. Este paso se observa en la *Figura 64*.

Segundo paso: Presionar con la correa el brazo. Este paso se observa en la *Figura 65*.

Tercer paso: Presionar el velcro para cerrar la correa. Este paso se observa en la *Figura 66*.

Figura 64: Primer paso



Figura 65: Segundo paso

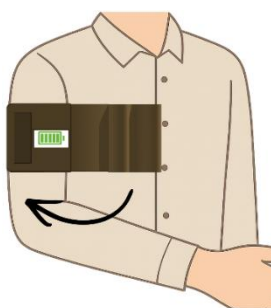
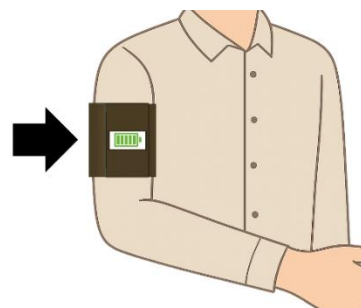
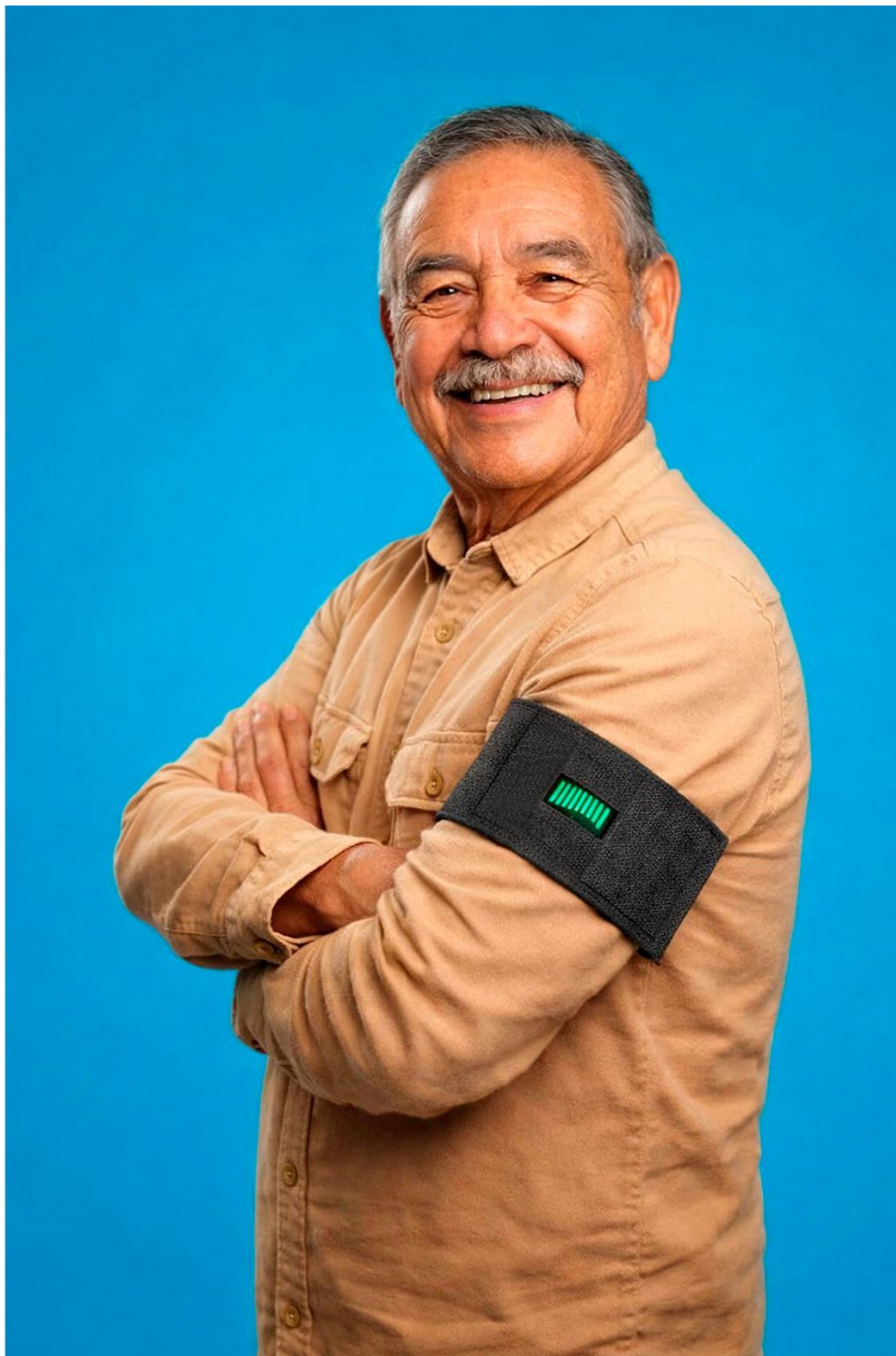


Figura 66: Tercer paso



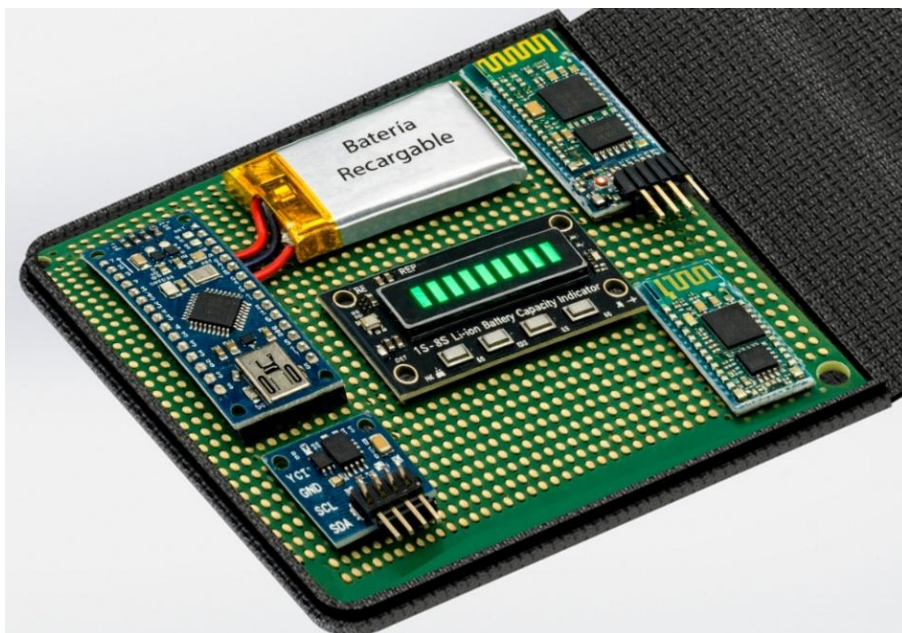
En la *Figura 67* se observa el modo de uso en una imagen realista.

Figura 67: Uso sección B



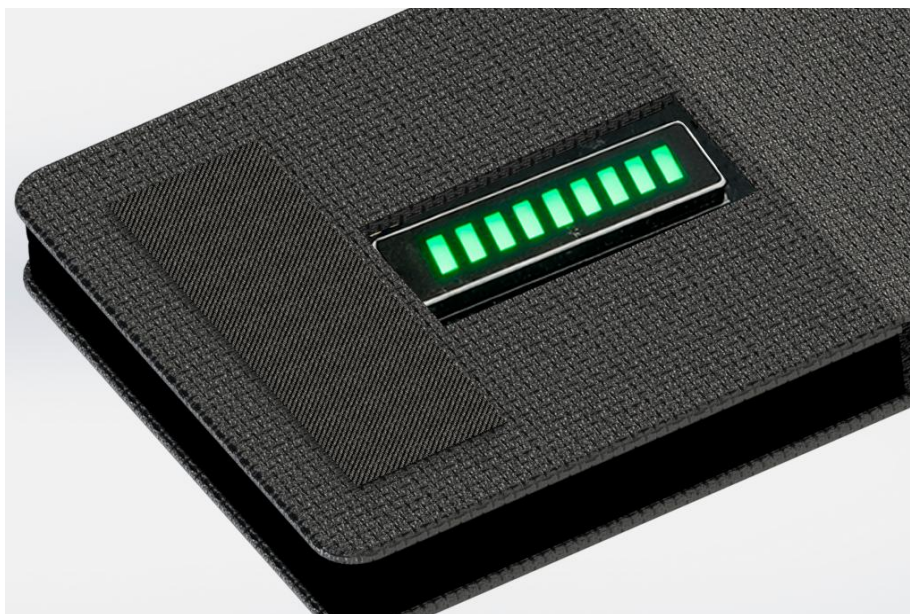
En la Figura 68 se observa el brazalete abierto para mostrar el acomodo de los elementos electrónicos que conforman el circuito.

Figura 68: Parte interna de la pieza 2 sección B



Así mismo en la Figura 69 se observa la parte externa del brazalete.

Figura 69: Parte externa pieza 2 sección B



En la *Figura 70* y *71* se observa la selección final de las 3 piezas diseñadas. De esta manera se aprecian los elementos en conjunto.

Figura 70: Isométrico frontal.

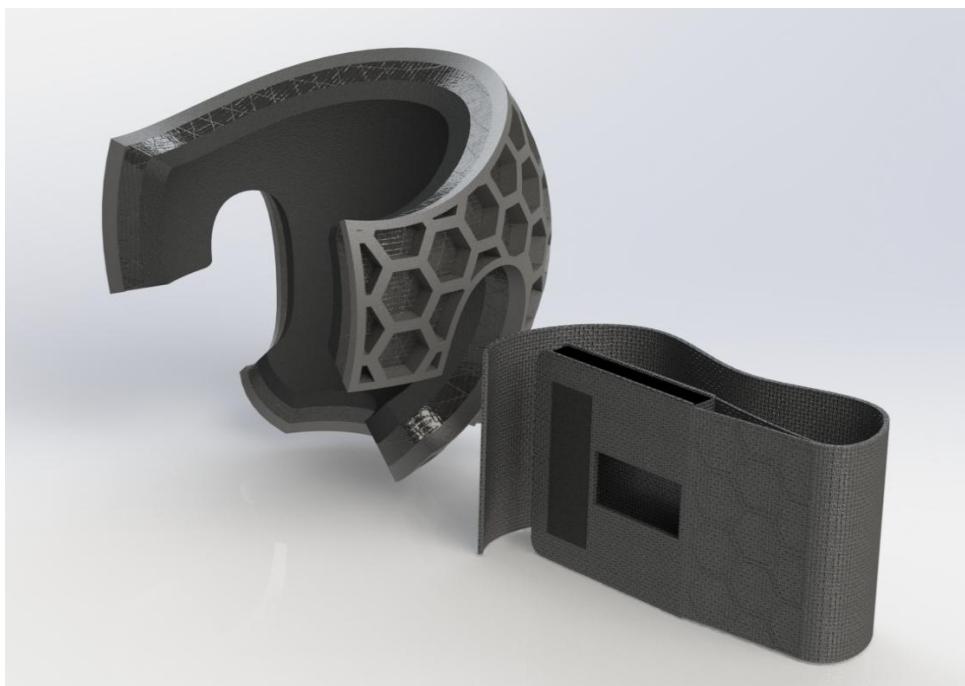
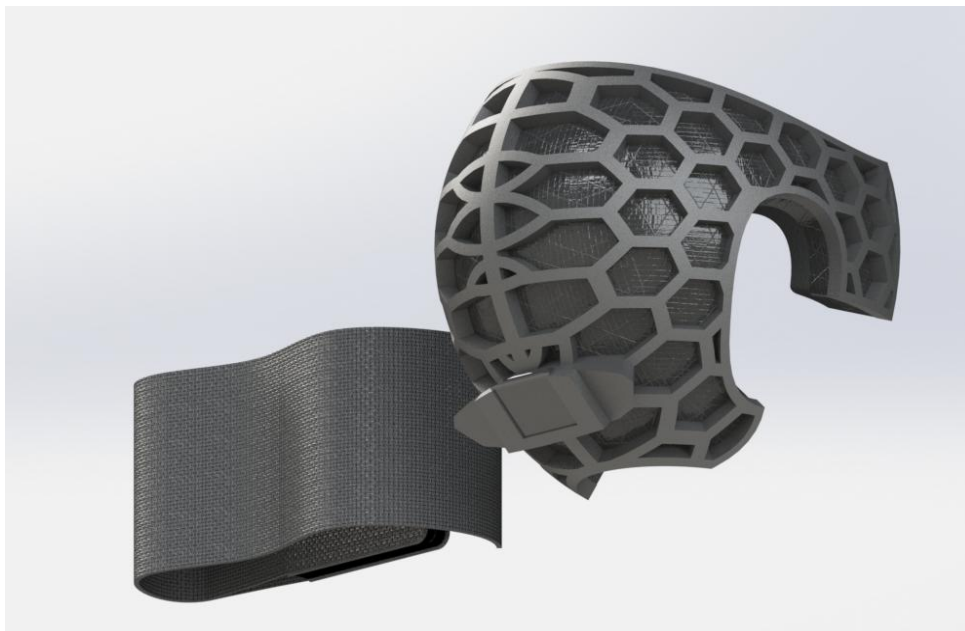


Figura 71: Isométrico trasero.



Finalmente, los planos que conforman estos 3 elementos se observan en el ANEXO E, estos planos corresponden a la medida “M” ya que es la medida promedio en la población mexicana.

Resumen del capítulo

Este proyecto abarca distintas áreas de estudio y cada una de ellas requiere de una investigación y proceso de diseño con base a las necesidades determinadas. Los temas analizados adicionales a los conceptos y limitación del diseño fueron la física y la electrónica.

Es importante mencionar que en el plan de estudios de la carrera de Ing. En Diseño ambas materias se han visto por lo menos en un semestre. Esto ha ayudado mucho a la comprensión de nuevos conceptos y métodos de aplicación.

El diseño del dispositivo consta de 3 piezas y cada una de ellas tiene una relación que requiere la comprensión y análisis de un área de estudio diferente.

La primera pieza se conforma del dispositivo de protección quien para su elaboración fue necesario definir, medidas, necesidades del usuario y determinar la fuerza de impacto ejercida y la presión mínima necesaria para que el protector fuera funcional. Es aquí donde se aplica el primer caso de estudio, la física; con la aplicación, despeje y sustitución de ecuaciones de la mecánica clásica es posible determinar el valor más importante para el desarrollo del producto; la fuerza de impacto. Sin este dato sería imposible determinar si el objeto a diseñar es funcional o no.

Para la segunda y tercera pieza fue necesario comprender como funcionan los elementos electrónicos que conforman el circuito, para implementar el sistema de alerta, sin este análisis previo sería imposible desarrollar el proyecto de manera eficiente y ergonómica. Aunque los conocimientos en el área de estudio de la electrónica no son amplios, si son necesarios para realizar el diseño del producto.

Por otro lado, para obtener mejores resultados creativos que conforman piezas únicas, aplicar una técnica creativa, obliga al diseñador a forzar ideas de objetos que aparentemente no tienen ninguna relación con el objetivo del proyecto sin embargo analizando ampliamente estos objetos es posible aplicar la forma y estructura en el diseño, generando así un concepto de diseño.

Finalmente, la evaluación es una parte importante en la toma de decisión de la propuesta final. En esta sección es posible comparar todas las propuestas y determinar cuál de ellas cumple en mayor medida con las necesidades del usuario, además, en caso de no cumplir con los requerimientos establecidos es en este apartado donde se pueden realizar cambios pertinentes en el diseño y volver a someterlo a las evaluaciones para determinar si con los cambios realizados alguna de las propuestas o todas cumplen con las necesidades principales.

CAPÍTULO IV

Pruebas

4.1 Evaluación mecánica del protector "NALA"

Primera fase de evaluación: Es importante evaluar los modelos mecánicamente para conocer cuál propuesta distribuye el golpe de tal manera que la fuerza recibida no exceda los 173 kPa, ya que, de exceder el esfuerzo mínimo, no es posible contemplar el diseño como una posible solución.

Se elaboró una tabla de resultados de las 4 propuestas realizadas con diferentes materiales; los mejores resultados pasarán a la segunda fase de evaluación.

4.1.1 Limitaciones de tesis

Durante el proceso de evaluaciones se encuentra la limitante en el número de elementos por mallado, el software ANSYS versión estudiante solo trabaja con 512 000 de elementos en el mallado. Si algún modelo rebasa el número límite se buscan alternativas en el modelado a manera de mantener el concepto de diseño sin rebasar la cantidad máxima de elementos. En la *Figura 72* se observa el modelo original en su vista isométrica, como se logra visualizar las concavidades del diseño son muy pequeñas y de gran cantidad, por esta razón para el proceso de mallado se hace uso de más de los 512 000 elementos permitidos.

Figura 72: Primer modelo del protector "SIA"

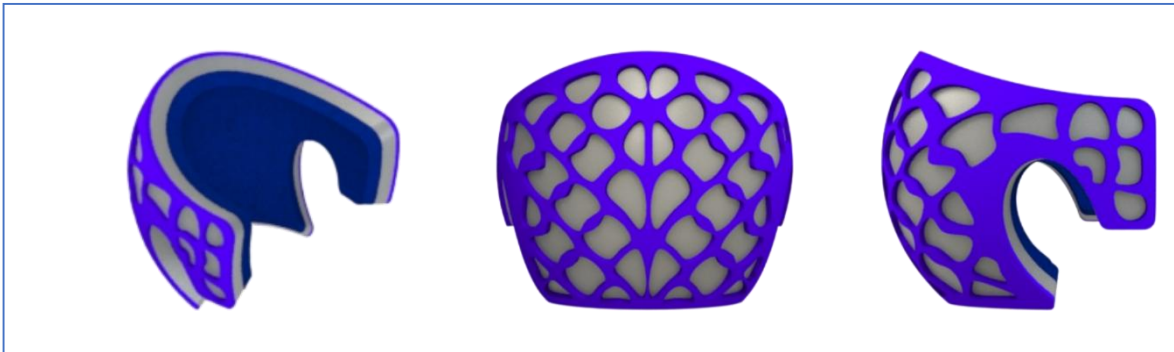


4.1.1.1 Modificaciones en la Propuesta M01

La pieza original tiene óvalos demasiado pequeños; de igual manera, los redondeos y chaflanes son menores a los 3 milímetros y por eso ANSYS no permite elaborar el mallado. Para seguir con este concepto de diseño, es necesario elaborar modelados sin tanto detalle ni superficies menores a los 3 mm, es decir, engrandecer los óvalos y eliminar los redondeos; esta última modificación es aplicada en los cuatro modelos. Es importante mencionar que los redondeos no afectan a los resultados mecánicos finales.

Después de elaborar las modificaciones necesarias, se obtuvo el modelo observado en la *Figura 73*.

Figura 73: Protector "SIA" modificado.



4.2 Materiales

Castillo R. (2008) menciona que los materiales son elementos indispensables en el diseño y producción de cualquier prototipo ya sea digital o físico porque se adapta al modelo según las necesidades del usuario, propiedades físicas y método de producción. Los materiales se clasifican en dos grandes grupos, los materiales metálicos y no metálicos.

Los materiales que cumplen con las características para la aplicación del dispositivo diseñado son los no metálicos y se observan a continuación:

Exterior

- Fibra de Carbono
- Policarbonato
- Nylon 66

Recubrimiento interior

- Poliestireno

Acolchonado

- SAM FOAM
- PVC FOAM

Fibra de Carbono: Es un material compuesto, es decir que está formado de la unión de dos o más componentes, Sus ventajas más destacadas es que es más ligero que el acero, pero con igual resistencia a la corrosión lo que permite adaptarse a diversas necesidades del sector. Su composición se forma de un tejido de hilos de carbono (refuerzo), estos hilos brindan flexibilidad y resistencia, con una resina termoestable (matriz) generalmente es de tipo epoxi, este componente se endurece y une las fibras protegiéndolas y transfiriendo la carga por todo el material.

Policarbonato: Es un material termoplástico que se puede manejar fácilmente, es muy blando, dúctil y soporta altas temperaturas, aunque tiene mayores aplicaciones en el sector arquitectónico también tiene aplicaciones en el sector industrial como partes de automóviles, equipo de protección personal etc.

Nylon 66: También conocido como Poliamida, es un polímero termoplástico que ha sido reforzado con fibra de vidrio y fibra de carbón.

SAM FOAM: Es un poliuretano flexible que se conforma de poros abiertos confiriendo características de alto rendimiento absorbente.

PVC FOAM: Elaborado de espuma PVC, se caracteriza por ser ligera, rígida y espumada, es un material de alto impacto y flexible. Tiene buena resistencia al impacto y bajas temperaturas, además de ser un excelente aislante térmico.

Textiles: Por otro lado, se encuentran los textiles que son utilizados para recubrir la sección “acolchonada” del dispositivo. Un textil se encuentra conformado por una fibra textil cuya unidad de material de longitud es muy superior a su diámetro. La fibra es la unidad más sencilla en el textil, la fibra se convierte en un hilo el cual mediante un proceso se transforma a ser un tejido que puede ser empleado para la elaboración de un producto textil.

A continuación, es necesario elaborar una tabla con todas las combinaciones de materiales posibles para observar cuál material obtiene mejores resultados. Este proceso se elabora en cada modelo y, al finalizar, se arrojan los mejores de cada uno para analizar las variaciones entre ellos. Estas combinaciones de materiales se observan en la *Tabla 41* para los primeros 3 modelos y la *Tabla 42* para el último modelo.

Tabla 41: Combinación de materiales

Opciones para Propuesta M01_A, M02 & M03			
Opción	Capa 1	Capa 2	Capa 3
A	Fibra de Carbono	Poliestireno	Sam Foam
B			PVC Foam
C	Policarbonato		Sam Foam
D			PVC Foam
E	Nylon 66		Sam Foam
F			PVC Foam

Por otro lado, gracias a su forma el protector “NALA” se agrega una nueva combinación de material.

Tabla 42: Combinación de materiales modelo "NALA"

Opciones para Propuesta M04			
Opción	Capa 1	Capa 2	Capa 3
A	Fibra de Carbono	Poliestireno	Sam Foam
B			PVC Foam
C	Policarbonato		Sam Foam
D			PVC Foam
E	Nylon 66		Sam Foam
F			PVC Foam
G	Poliestireno		Sam Foam

4.3 Resultados mecánicos

Con respecto a la tabla anterior se elaboraron los análisis mecánicos para evaluar como interfiere el diseño y los materiales en los resultados. En total en esta primera etapa se realizaron 25 análisis estáticos de los cuales se fueron descartando los peores resultados.

Los datos de estos análisis se capturan tomando el máximo y el mínimo número de fuerza que recibe la última capa del material, porque será esta la que este en contacto directo con el usuario. Si la fuerza máxima es igual o menor a los 173 kPa los resultados serán favorables de lo contrario se tendrán que buscar alternativas en cuanto a los materiales o grosores de las capas que conforman el modelado. En la siguiente *Tabla 43* se determinan dichos datos, la sección de escala corresponde a su nominación de menor (1) a mayor (6) fuerza.

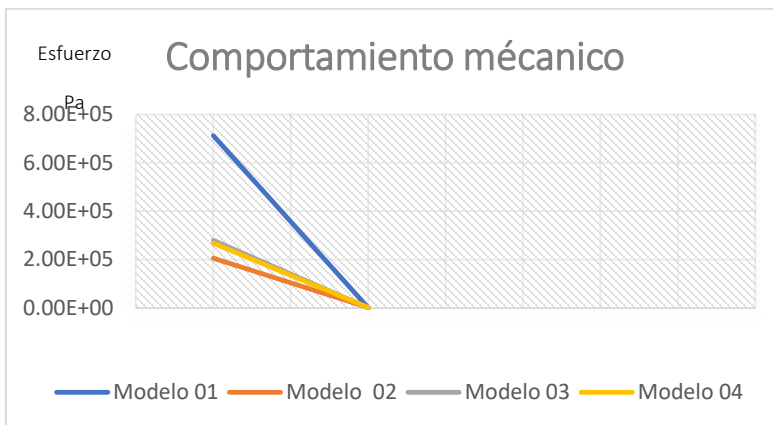
Tabla 43:Resultados finales.

Clasificación	Máximo (Pa)	Mínimo (Pa)	Escala
Modelo 01_A			
A	7.1206e+005	775.72	1
B	9.6071e+005	550.71	4
C	9.685e+005	7198.1	5
D	9.3027e+005	5232.3	2
E	1.007e+006	3994.4	6
F	9.6015e+005	2233.1	3
Modelo 02			
A	2.0539e+005	2239.2	1
B	3.4879e+005	1698.9	2
C	6.8695e+005	766.33	3
D	7.9669e+005	698.09	4
E	8.6787e+005	4045.1	6
F	8.0198e+005	3210.2	5
Modelo 03			
A	2.7882e+005	817.11	1
B	3.13e+005	866.29	2
C	6.5104e+005	2920.3	4
D	7.9447e+005	5049.	5
E	8.2348e+005	1610.3	6
F	8.5788e+005	1804.8	7
G	5.7362e+005	2300.9	3
Modelo 04			
A	2.6806e+005	1879.9	1
B	3.3107e+005	2269.5	2
C	1.0677e+006	7052.	3
D	1.379e+006	5068.	5
E	1.1929e+006	10062	4
F	9.0353e+005	7543.9	6

En los datos de la *Tabla 43* se logra observar que el material con los resultados menores máximos en todos los casos es la fibra de carbono, poliestireno y Sam Foam; de igual manera, los resultados máximos corresponden a la clasificación E; estos materiales deben ser eliminados como posibles soluciones.

En la *Figura 74* se observan los 4 modelos con los materiales de menores máximos resultados. Concluyendo en esta primera etapa que los modelos que distribuyen mejor el esfuerzo recibido son la propuesta *BOS* y *NALA*, cuyo esfuerzo recibido es de $2.0539e+005$ Pa y de $2.6806e+005$ Pa. Este resultado es bueno; sin embargo, no es el mejor debido a que se busca llegar a una fuerza recibida no mayor a los 173 kPa ($1.73e005$). Es necesario generar cambios en estos modelos.

Figura 74: Gráfica de comportamiento mecánico



4.3.1 Modificaciones

Después de elaborar varias pruebas, se llegó a la conclusión de invertir los materiales de las dos primeras capas. De esta manera, el material que tendrá acceso directo con el golpe será un material con menor densidad y esto ayudará a que el impacto tenga menos vibración y se distribuya de manera más uniforme la presión.

Es importante mencionar que solo se elaboraron análisis mecánicos con los materiales de mejores resultados: Fibra de carbono, poliestireno y SAM FOAM.

Estos materiales fueron colocados en el siguiente orden:

- Capa exterior: Poliestireno
- Capa media: Fibra de carbono
- Capa interna: SAM FOAM

Para observar el cambio entre la primera y segunda aplicación de materiales se analiza el primer modelo.

En la *Figura 75, 76 y 77* se observa el análisis del modelo "SIAN" con la primera aplicación de materiales, en sus partes lateral derecha, trasera y lateral izquierda.

Figura 75: Lateral derecho modelo "SIAN"

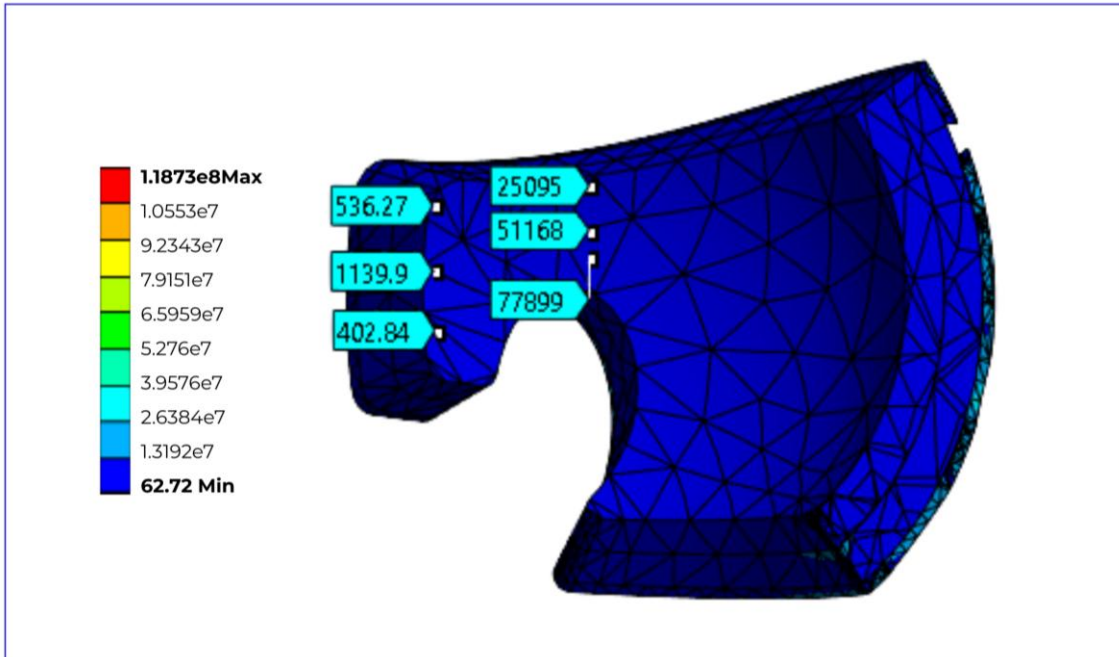


Figura 76: Lateral izquierdo modelo "SIAN"

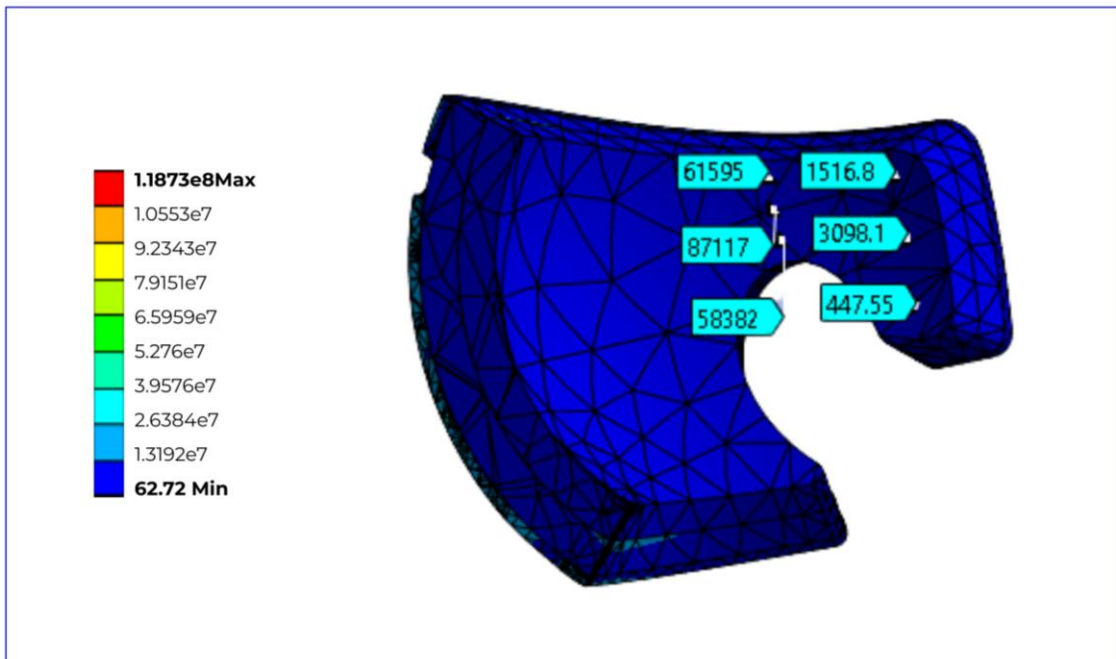
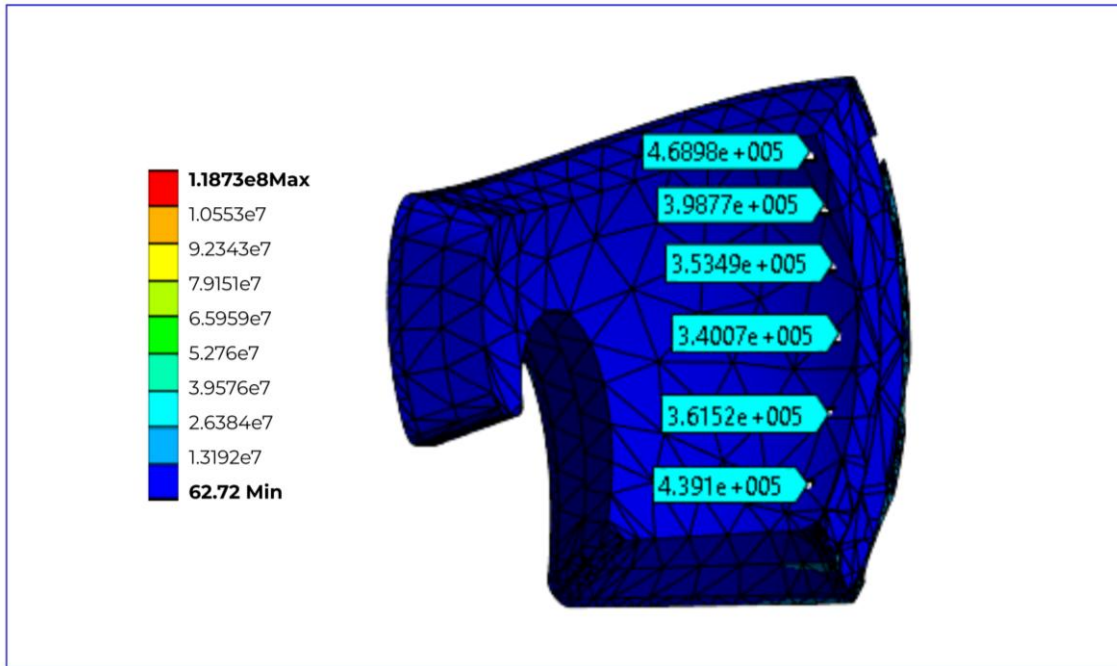


Figura 77: Trasero modelo "SIAN"



En la Figura 78, 79 y 80 se observa el análisis del modelo "SIAN" con la segunda aplicación de materiales, en sus partes lateral derecha, trasera y lateral izquierda.

Figura 78: Lateral derecho modelo "SIAN"

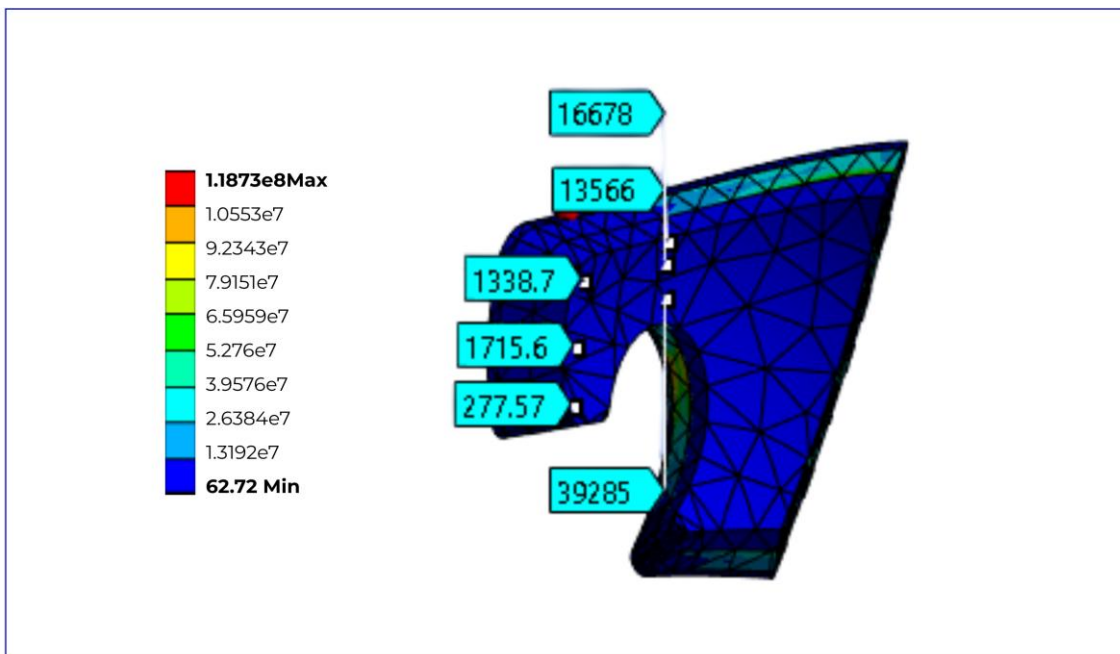


Figura 79: Lateral Izquierdo modelo "SIAN"

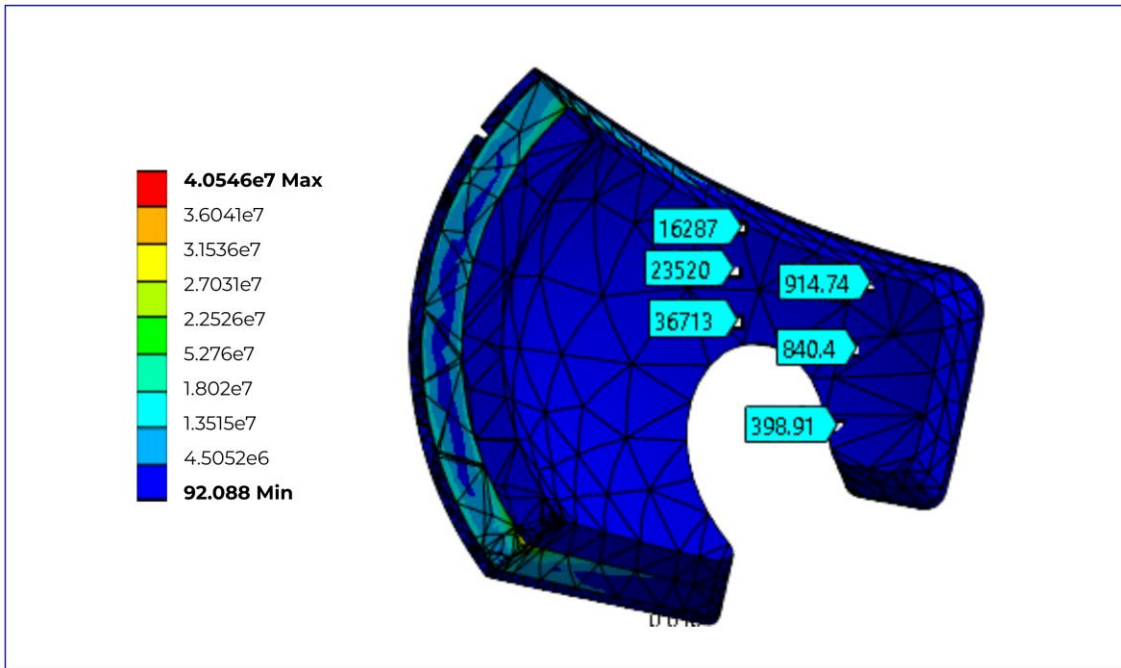
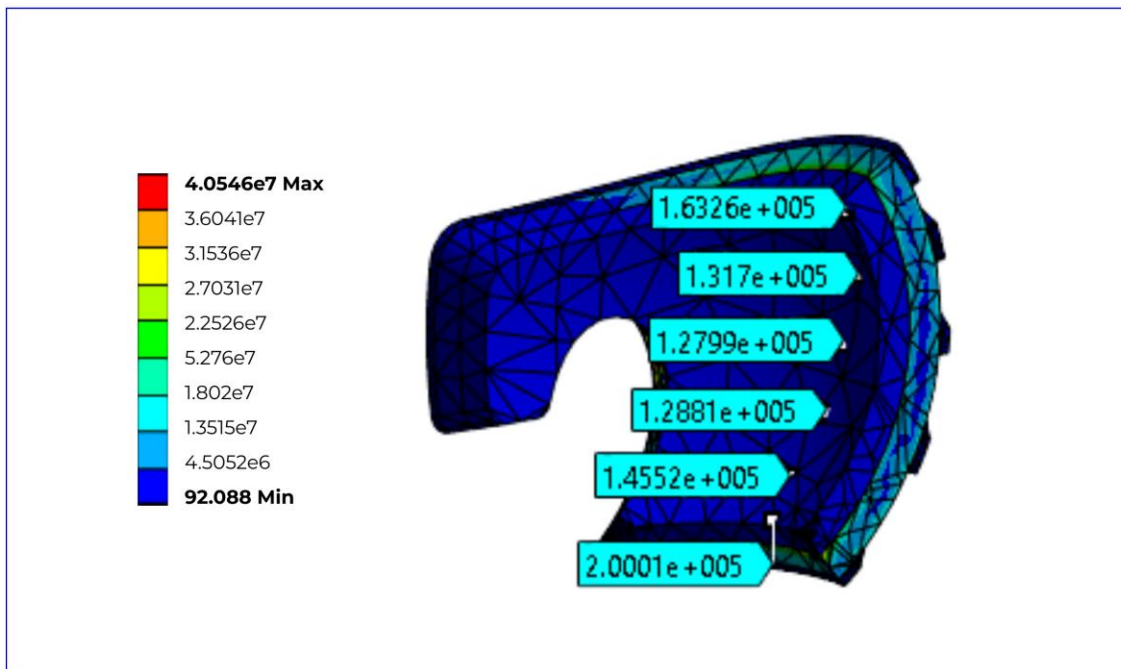


Figura 80: Trasero modelo "SIAN"



Los resultados de ambos estudios se muestran en la *Tabla 44*.

Tabla 44: Resultados de materiales invertidos.

	Primera aplicación	Segunda aplicación	Primera aplicación	Segunda aplicación
Vista	Máximo		Mínimo	
Lateral derecha	77899	39285	402.84	277.5
Lateral Izquierda	87117	36713	477.55	398.91
Trasera	4.68+005	2.00+005	3.40+005	1.27+005

La diferencia de resultados es considerable al invertir los materiales en el modelo "SIAN". Observado esto se procede a realizar los análisis en todas las propuestas, los resultados finales se observan en la *Tabla 45*.

Tabla 45: Resultados de los 4 modelos.

Modelo	Máximo (Pa)	Mínimo (Pa)	Posición
Mod.01	2.0000e+005	840.4	2
Mod.02	6.4115e+005	957.67	4
Mod.03	1.9658e+005	1289.	3
Mod.04	1.5317e+005	367.5	1

Los resultados de cada modelo se observan de la *Figura 81* a la *Figura 90*.

Figura 81: Máximos y mínimos de la propuesta "NALA"

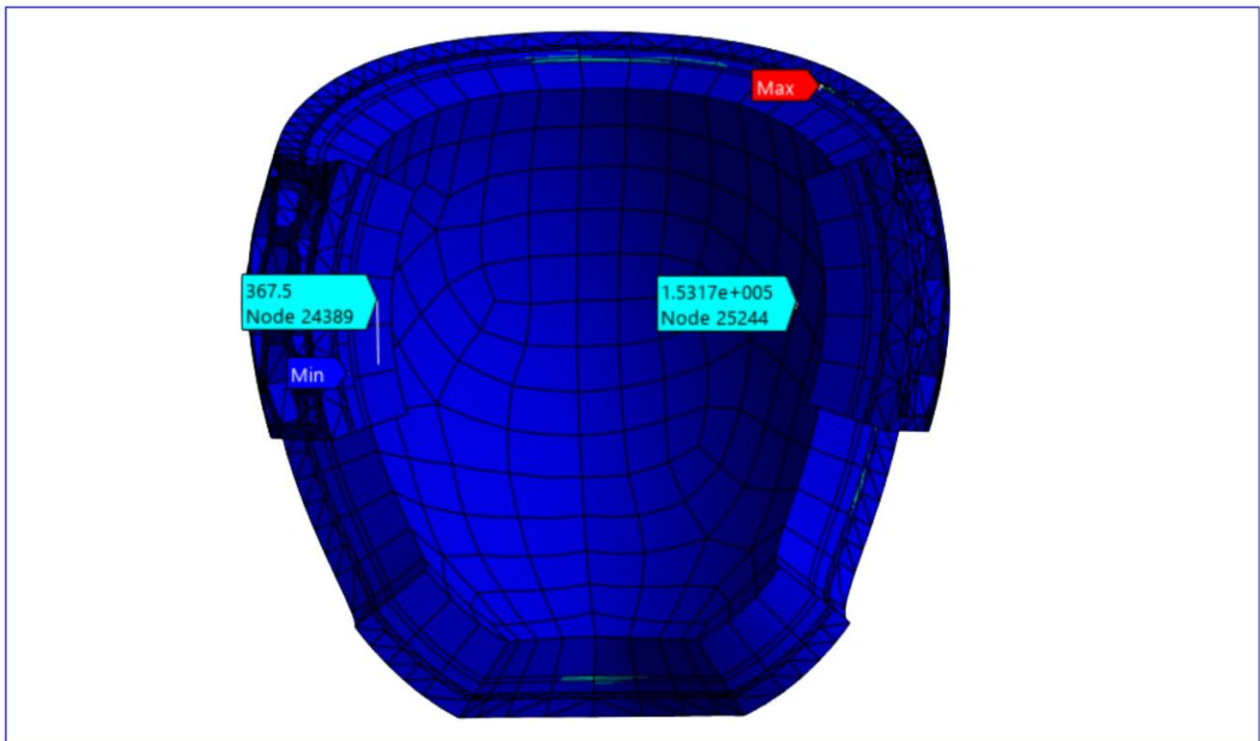


Figura 82: Resultados en el lateral derecho del modelo "BOS"

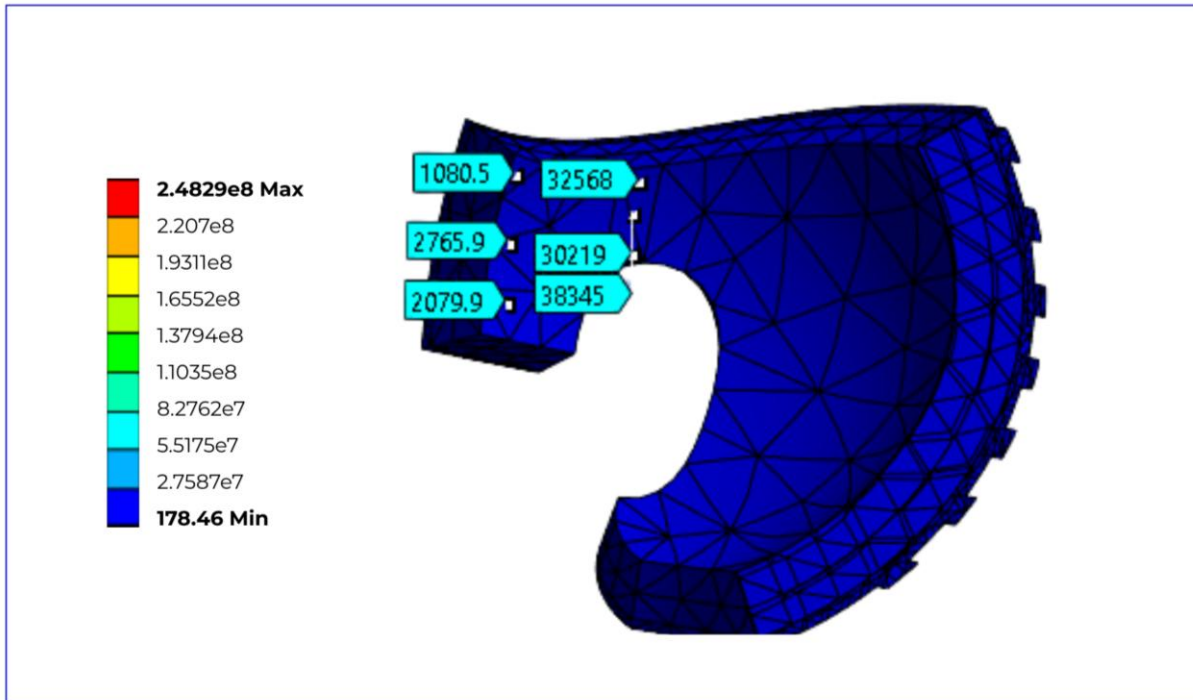


Figura 83; Resultados en el lateral izquierdo del modelo "BOS"

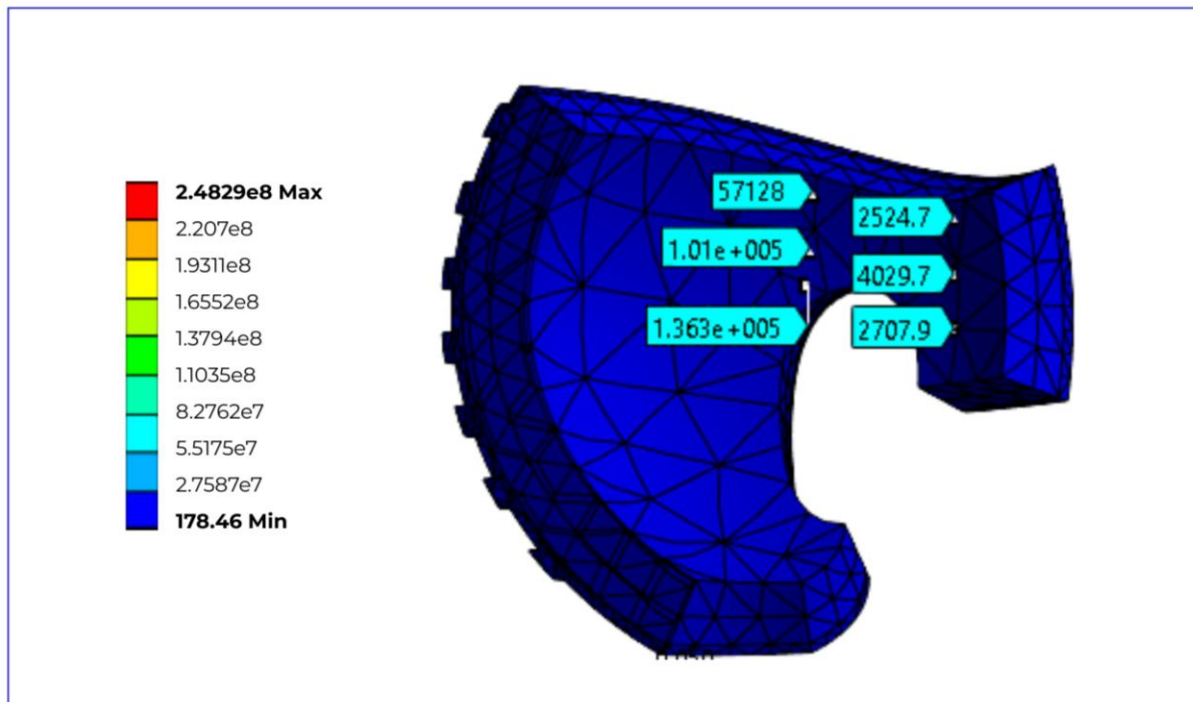


Figura 84: Resultados en el trasero del modelo "BOS"

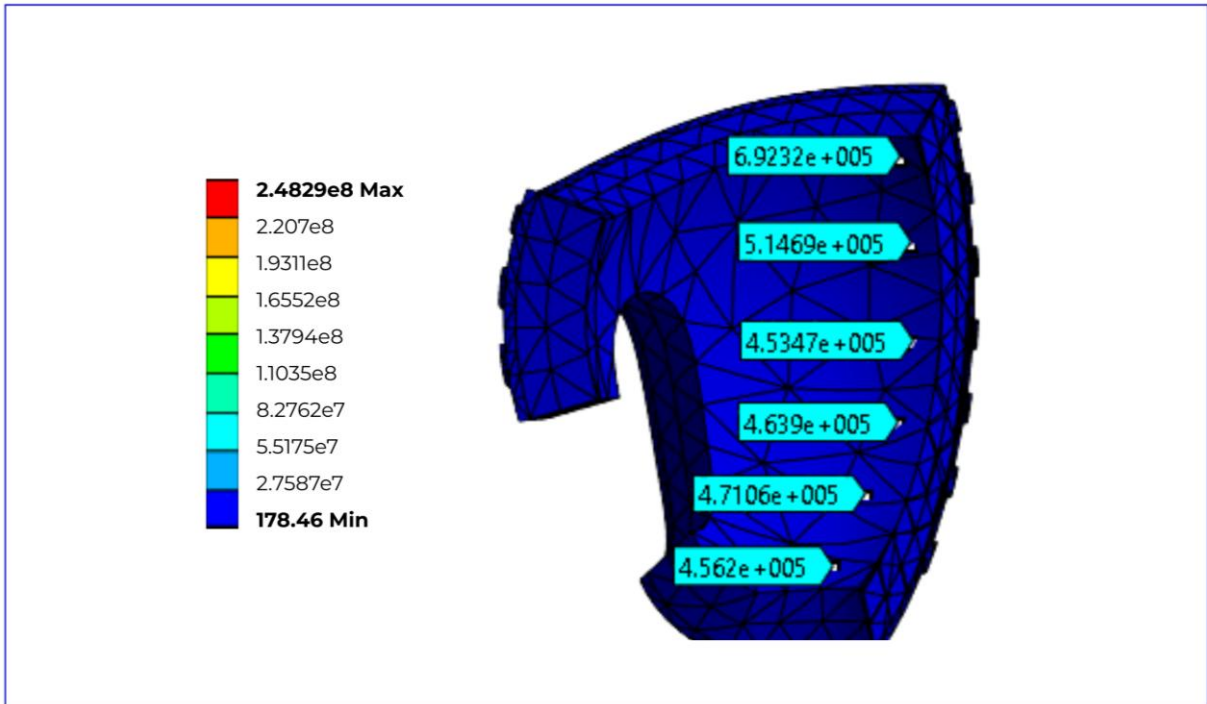


Figura 85: Resultado en el lateral derecho del modelo "ELPU"

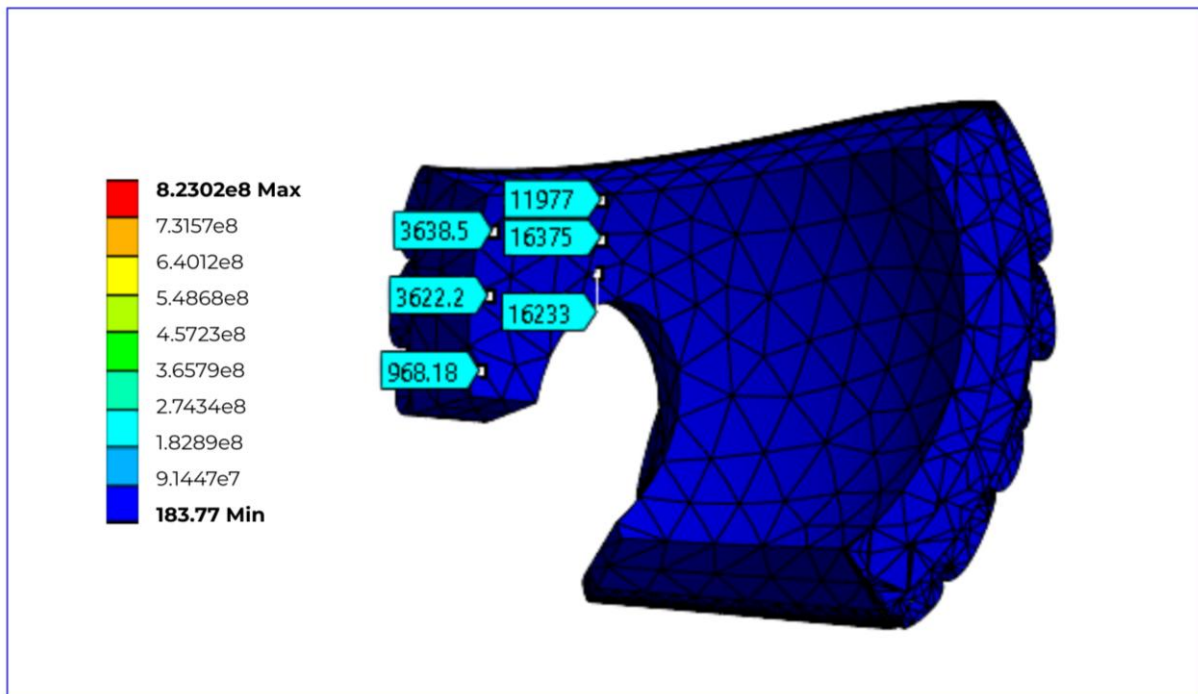


Figura 86: Resultado lateral izquierdo modelo "ELPU"

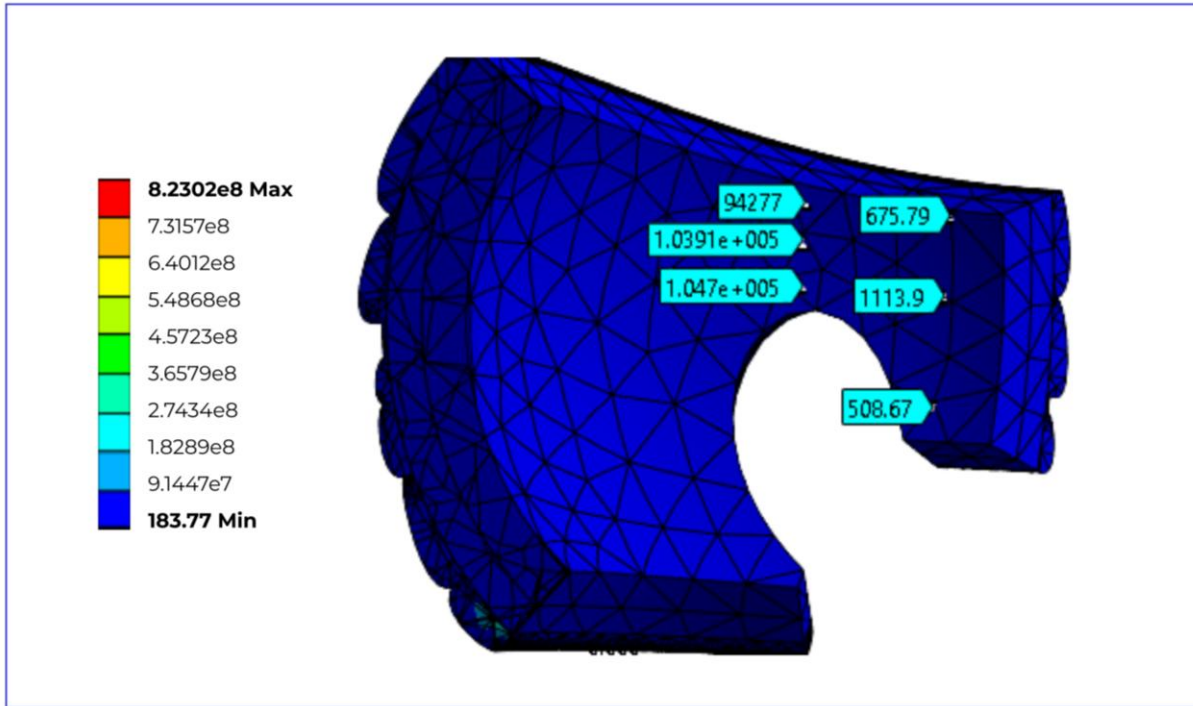


Figura 87: Resultados trasero modelo "ELPU"

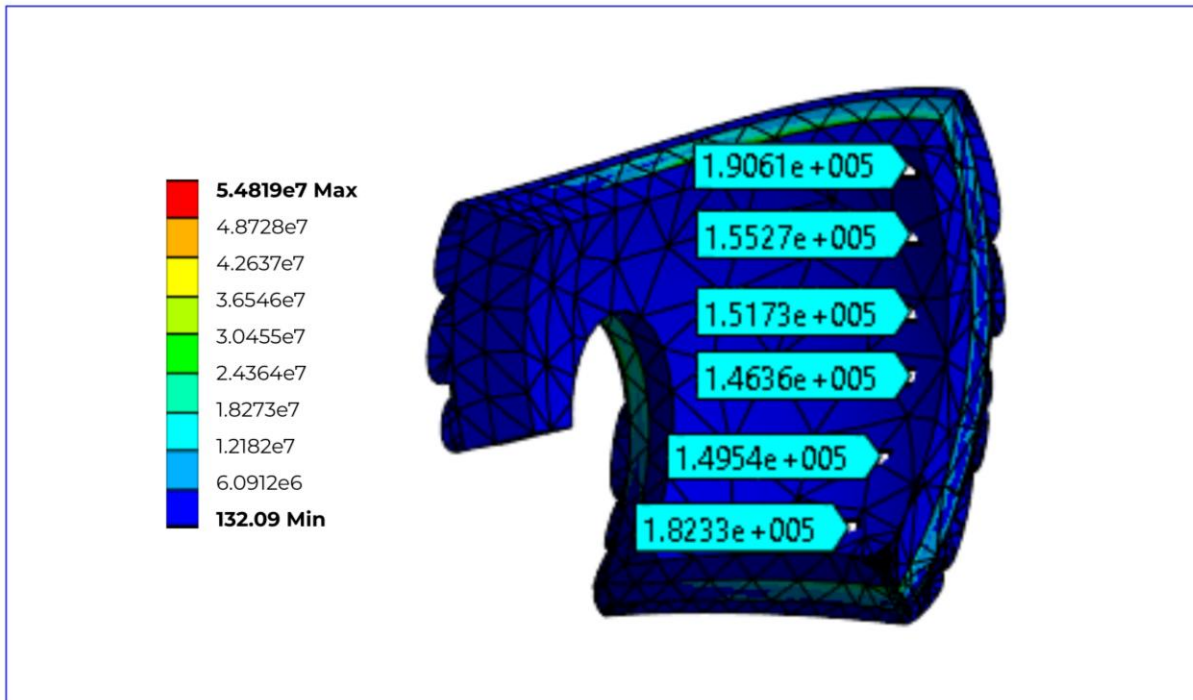


Figura 88: Resultados lateral derecho modelo "NALA"

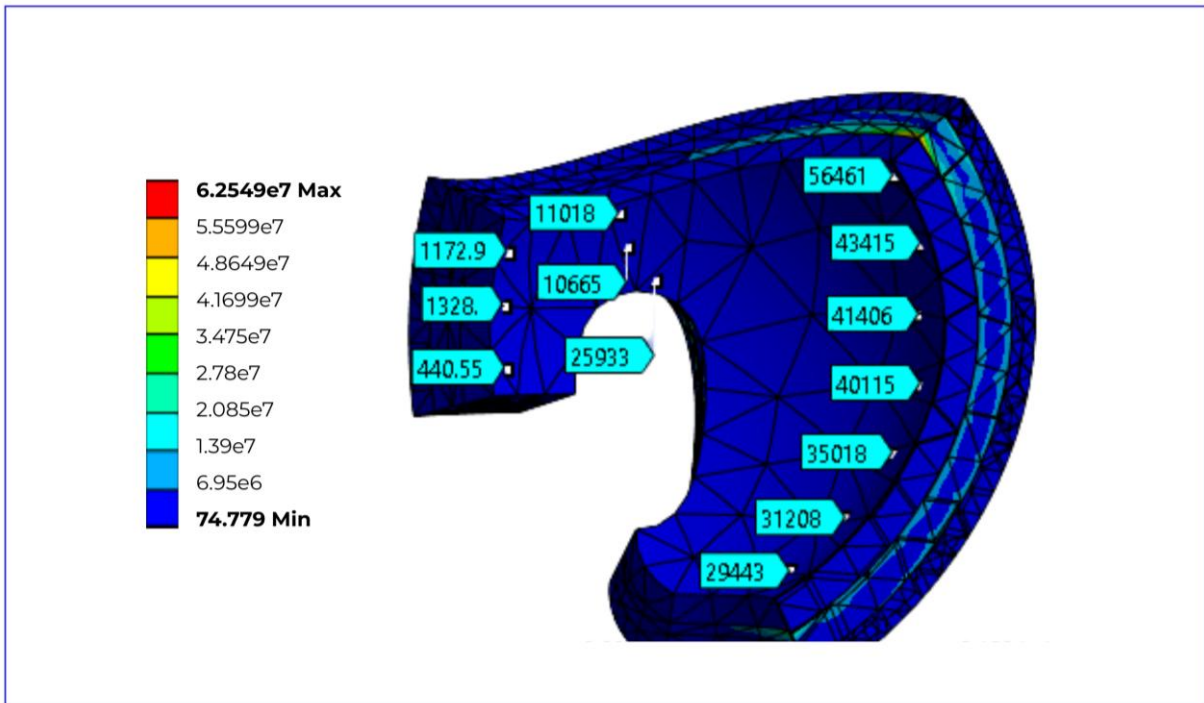


Figura 89: Resultados lateral izquierdo modelo "NALA"

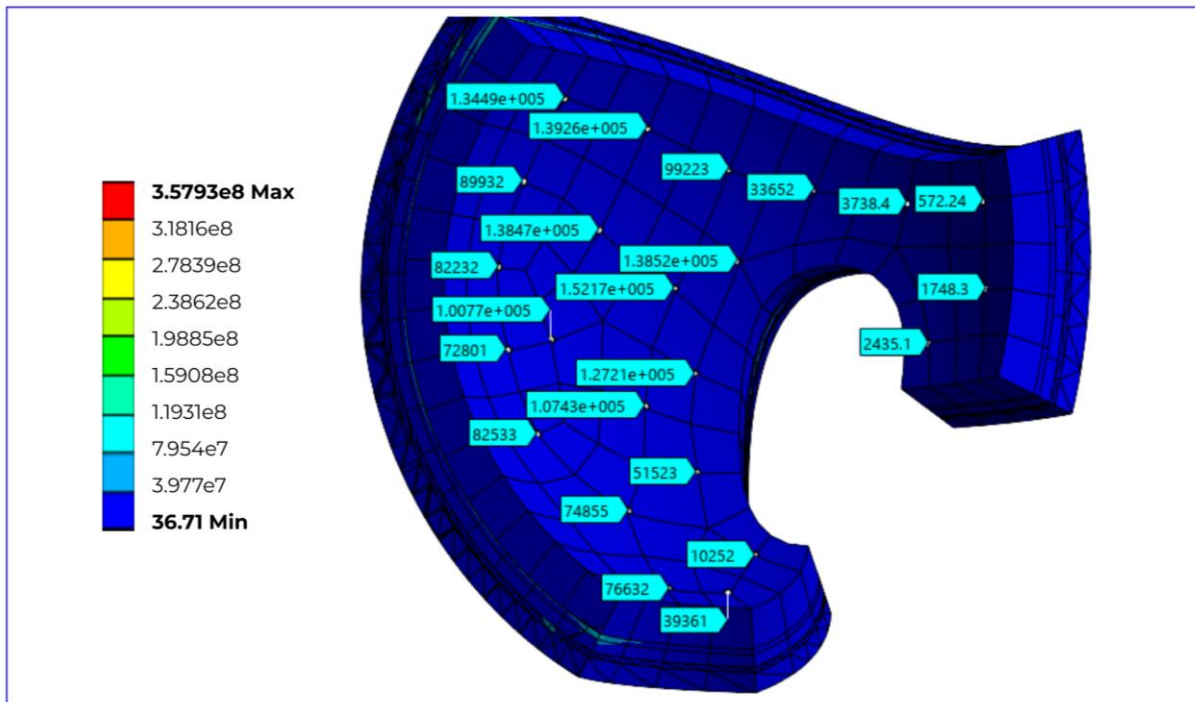
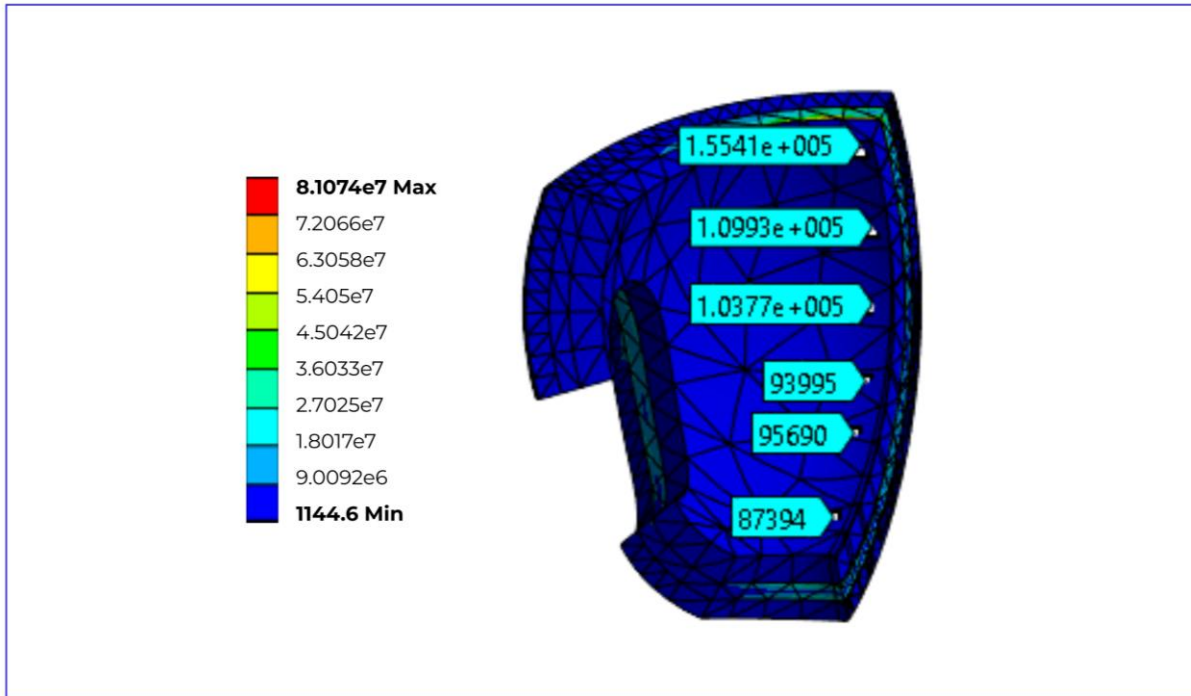


Figura 90: Resultados trasero modelo "NALA"



5.1.3.1 Estrés Equivalente

Debido a que el protector "NALA" fue la propuesta con mejores resultados, se realizaron análisis más detallados en cuestión de nodos y tipo de caída con la finalidad de analizar si hay un punto en el que el dispositivo rebase los límites mínimos de fuerza requerida.

Las siguientes imágenes y tablas son obtenidas de los resultados que arroja el software de elementos finitos ANSYS; el esfuerzo objetivo es de 173 kPa, es decir, o bien.

Los resultados se dividirán en 3 partes, LD (lateral derecha), LI (lateral izquierda) y T (trasera).

Por otro lado, se analizó el comportamiento mecánico colocando la fuerza de 962 N (fuerza ejercida durante la caída) en dos partes del dispositivo para simular los posibles golpes recibidos en la zona lateral del cráneo y occipital.

Primero se analizó la caída lateral y sus efectos mecánicos en cada lado como se observa en la Tabla 46, de igual manera los datos recabados se ilustran en las Figuras 91, 92 y 93.

Tabla 46: Golpe lateral

Caída lateral					
Sección	Fuerza (Pa)	Sección	Fuerza (Pa)	Sección	Esfuerzo (Pa)
Lateral Derecha	1.1302e+005	Lateral Izquierda	1.5217e+005	Trasera	1.3397e+005
	89580		1.3926e+005		1.2884e+005
	72666		1.3852e+005		1.2857e+005
	43904		82533		97200
	42025		82232		82096
	3896.6		2435.1		64112
	2114		1748.3		54077
	791.72		572.24		33233

Figura 91: Caída lateral / lateral derecha

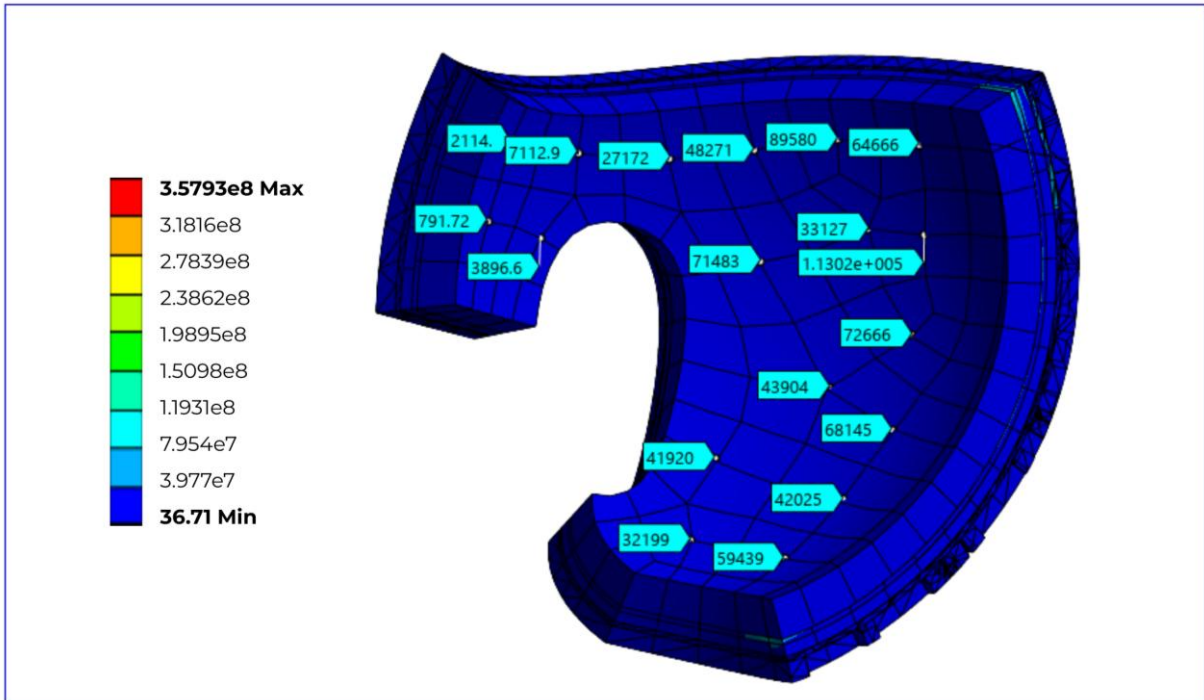


Figura 92: Caída lateral / lateral izquierda

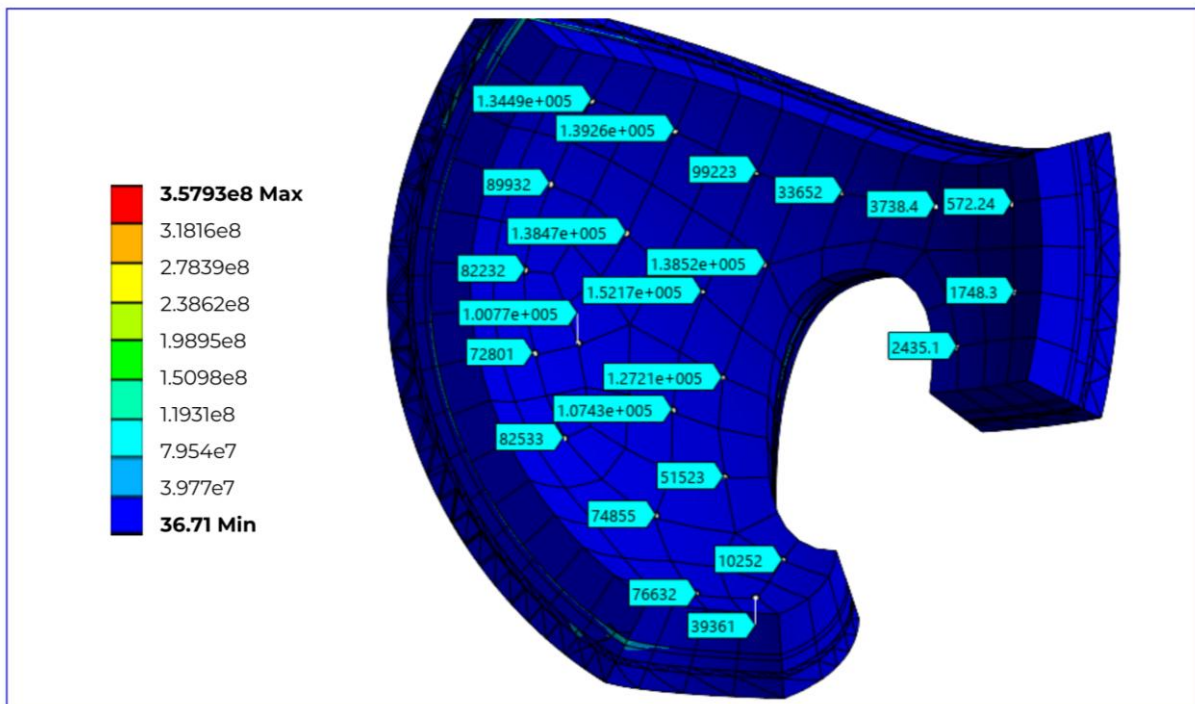
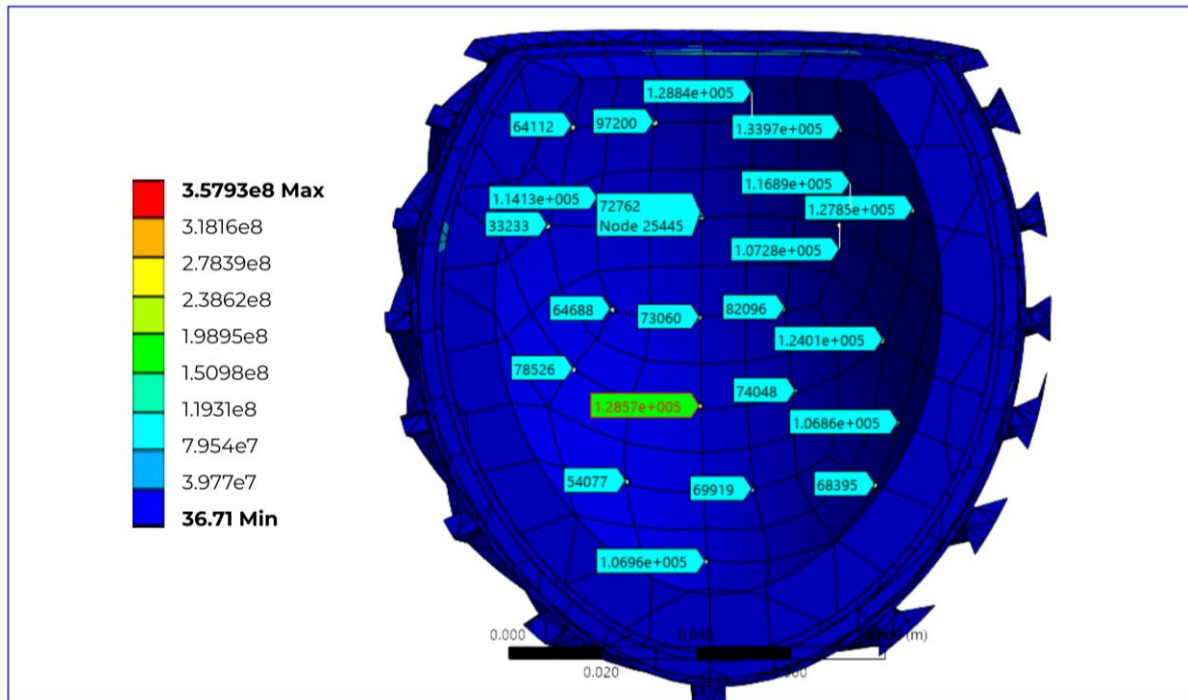


Figura 93: Caída lateral / trasera



A continuación se realizó el análisis mecánico para la simulación de una caída trasera, los datos recabados se observan en la *Tabla 47* y en las *Figuras 94, 95 y 96*.

Tabla 47: Estrés equivalente caída trasera

Caída lateral					
Sección	Fuerza (Pa)	Sección	Fuerza (Pa)	Sección	Esfuerzo (Pa)
Lateral Derecha	17365	Lateral Izquierda	28532	Trasera	14631
	14793		20868		14052
	14136		11816		13912
	12642		11450		12342
	12121		11364		12185
	9662.3		8629.9		9393
	9183.7		6686.9		9289.6
	4871.1		4320.8		6809.6

Figura 94: Caída Trasera / Lateral Derecha

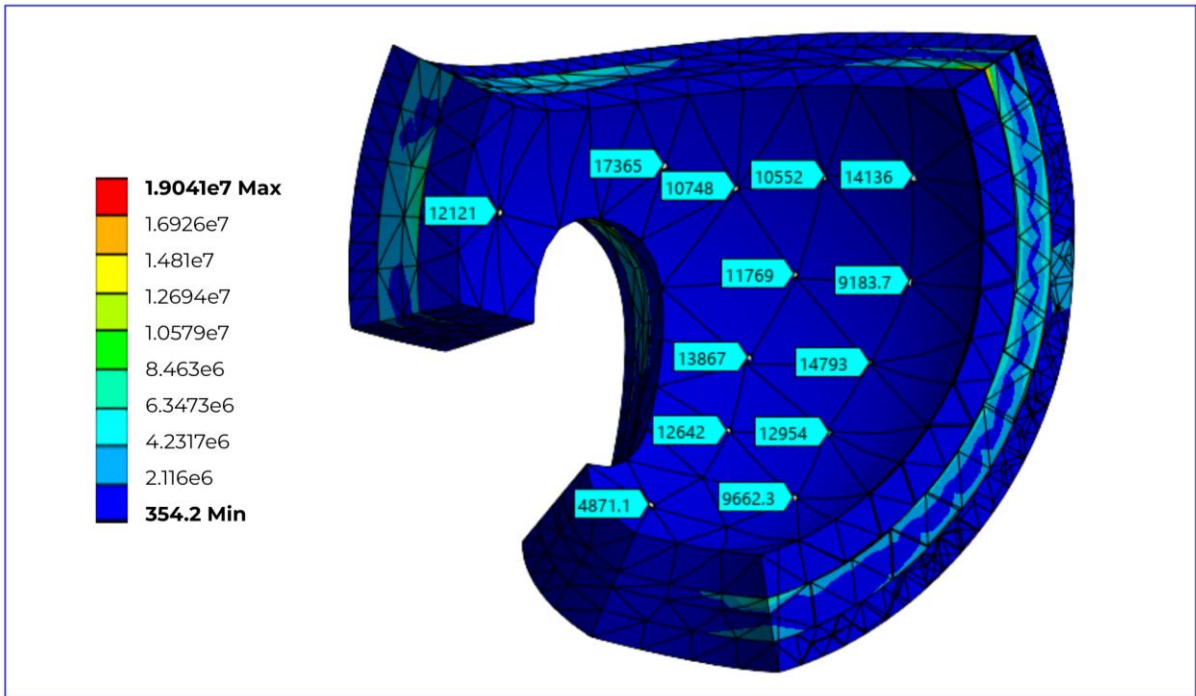


Figura 95: Caída Trasera / Lateral Izquierda

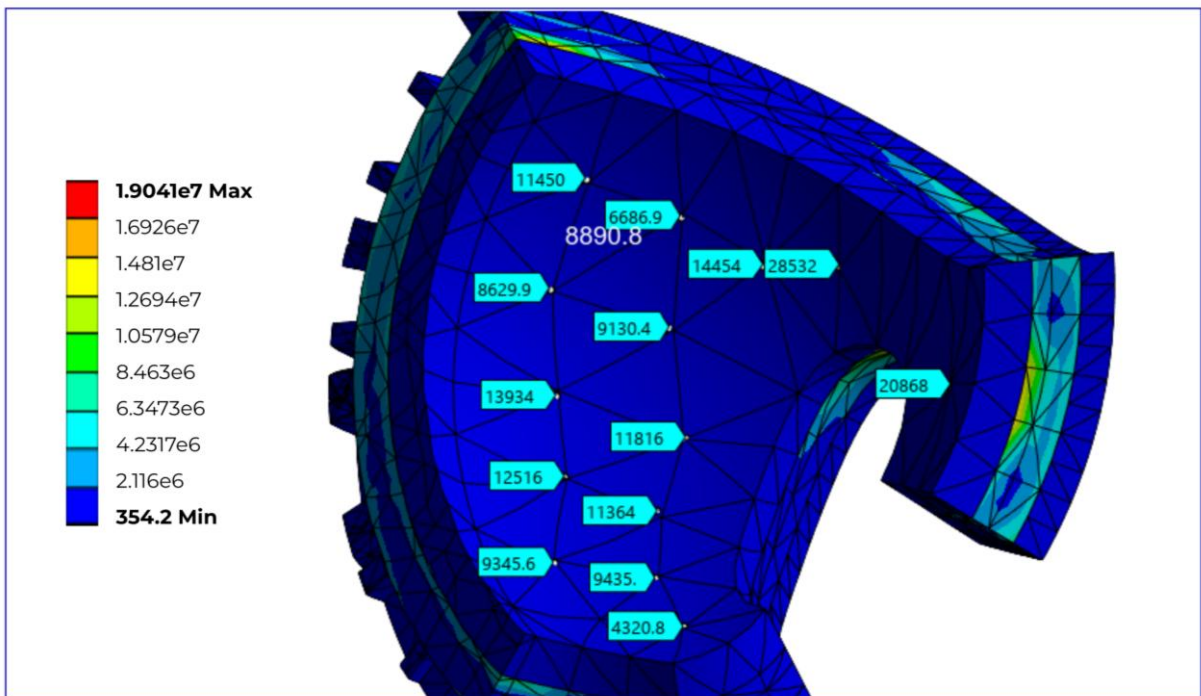
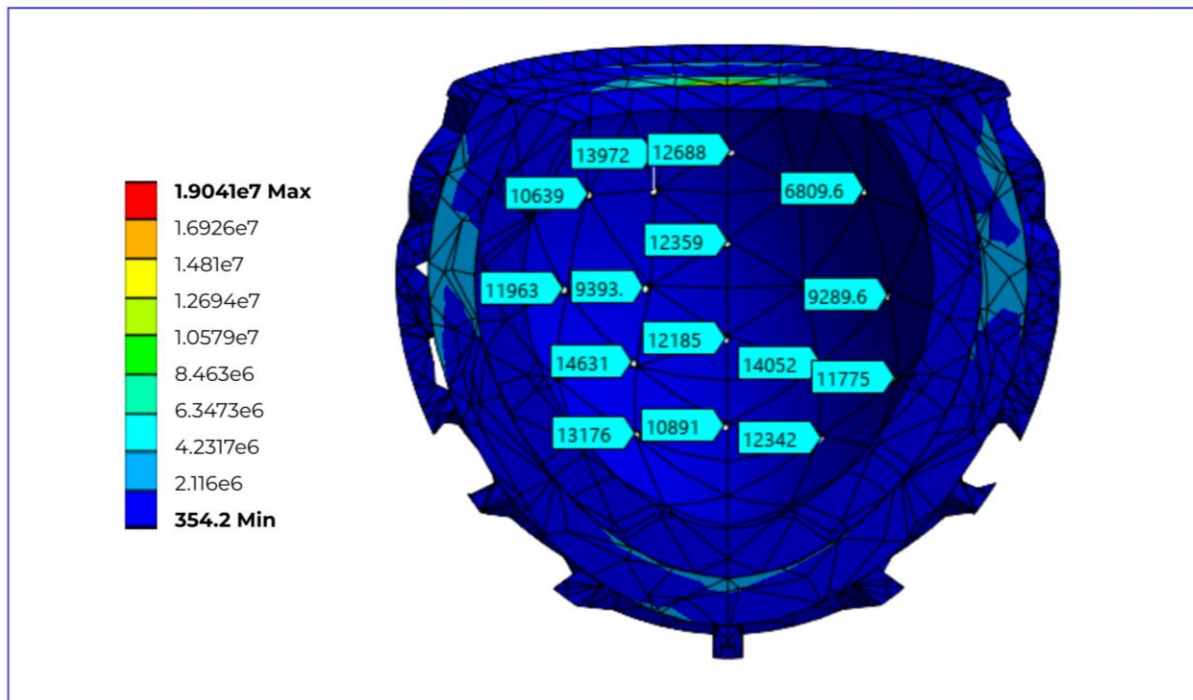


Figura 96: Caída Trasera / Trasera



El esfuerzo máximo recibido en los estudios es de 1.5317×10^5 Pa, siendo esta menor al esfuerzo mínimo admisible 1.73×10^5 Pa; es decir, el dispositivo resiste las caídas laterales y trasera, manteniendo así la seguridad del usuario.

Como se logra observar en las siguientes gráficas (Figura 97 y Figura 98), el valor máximo recibido en unidades Pa es menor a los 173 kPa. Esto quiere decir que el diseño sí cumple con el objetivo principal para que el usuario no sufra daños al momento de presenciar una caída, por lo que se justifica con evidencias que el dispositivo seleccionado para elaborar las pruebas de ergonomía y adaptación del circuito electrónico es el modelo 04.

Considerando los resultados mecánicos elaborados en el software de ANSYS, el protector "NALA" es el único diseño que logró resistir la fuerza ejercida durante la caída, por lo que es la opción seleccionada, bajo el término de utilidad.

Figura 97: Gráfica Golpe Lateral

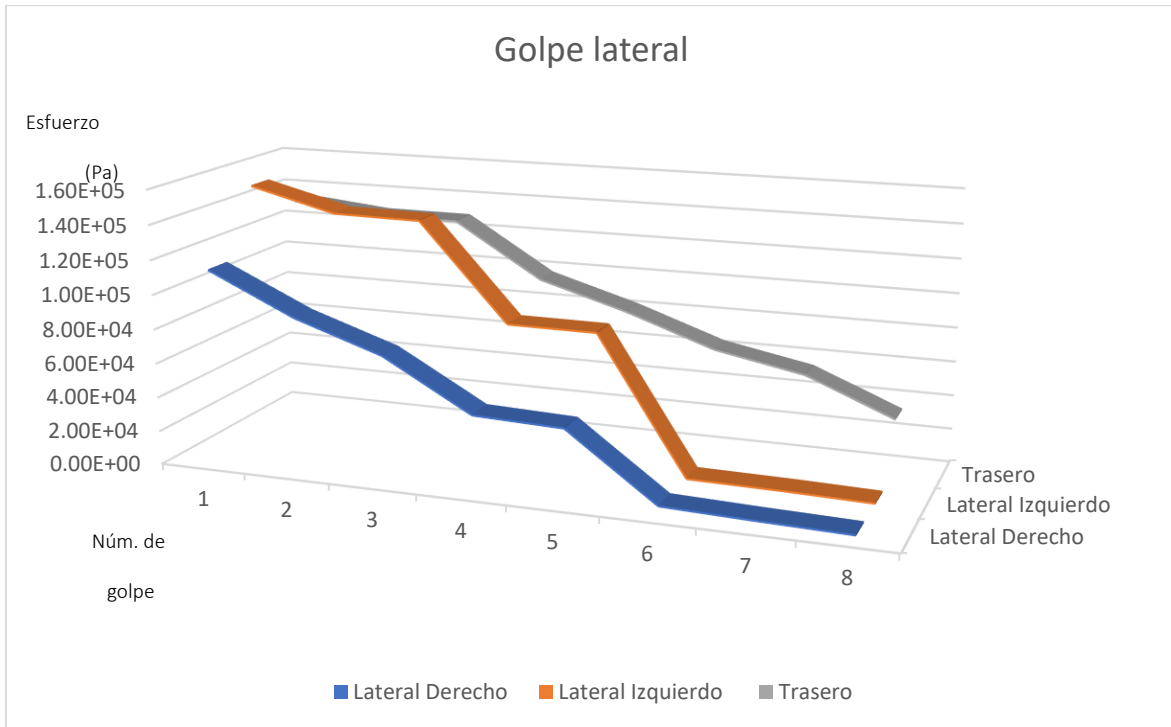
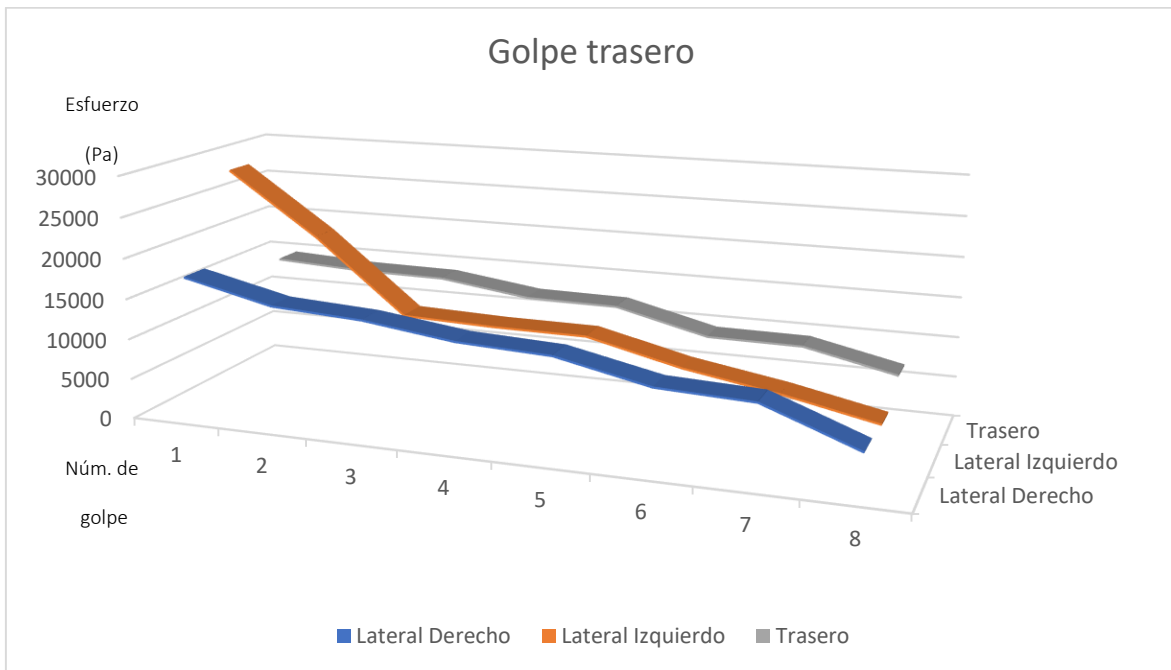


Figura 98: Gráfica Golpe Trasero



Resumen de capítulo

En este capítulo se realizaron las evaluaciones correspondientes. Para tener resultados más precisos sobre la resistencia mecánica del prototipo, se hizo uso de análisis mecánicos en el programa de Ansys versión estudiante; también se elaboraron prototipos de algunas piezas con la ayuda de la impresión 3D para determinar resultados más prácticos en la funcionalidad de los ensambles.

Obteniendo los resultados, se determinó que la aplicación de materiales no era la adecuada y se lograron realizar diversas modificaciones en cada uno de los elementos de la primera parte para tener resultados que cumplan con el objetivo del proyecto.

Es importante mencionar que desafortunadamente por las limitaciones en el número de nodos permitidos por el tipo de licencia ((Versión estudiante) que se tiene del programa ANSYS, hay un sesgo importante en las geometrías de las propuestas del protector craneal. Este reducido número de elementos es de igual manera una limitante para la elaboración de los diseños en cada propuesta, ya que se deben utilizar formas de mayor tamaño y la repetición de la misma debe ser menor, además de existir a su vez un sesgo en los resultados de los análisis mecánicos.

Conclusiones

Concluido el proyecto de tesis titulado “Diseño y desarrollo de un dispositivo auxiliar de comunicación y protección craneal para caídas de bajo impacto”, se determinan puntos importantes para su elaboración, desde la investigación y observación para identificar la problemática a resolver, investigación de campo, marco teórico, elaboración de propuestas y evaluación; es importante destacar que todo esto es la aplicación de los 5 años previos de conocimientos adquiridos.

Este proyecto es el conjunto de conocimientos y desarrollo práctico, tales como la elaboración de propuestas mediante bocetos, uso de diversos programas de ilustración para obtener de manera gráfica una visualización del posible producto a desarrollar.

Por otro lado, la técnica creativa ANALOGÍAS aplicó nuevas ideas no relacionadas, como son las formas o el número de elementos de las piezas. Cada una de las propuestas se basa en una misma base forma con la justificación de que estas son las zonas que se deben proteger según las necesidades del usuario; aunque se encontró una problemática en la aplicación del circuito electrónico, comenzar con el proceso de bocetaje ayudó a implementar nuevas posibles soluciones.

La elaboración del concepto es fundamental para el desarrollo del producto, ya que, a pesar de ser la misma forma base, cada una de las propuestas es diferente según la integración del circuito de las formas y de los elementos, así como la selección de color. Por otro lado, cada uno de los conceptos se realizó con base en cómo solucionar en cuanto a los requerimientos de diseño. Por ejemplo, cómo satisfacer la necesidad de la ligereza en el dispositivo y la absorción del impacto establecido en kPa.

Durante el trayecto de la carrera en Ingeniería en Diseño, siempre se informó y dio el conocimiento a los alumnos sobre cómo la integración de la ingeniería con el diseño y este proyecto es un ejemplo de la aplicación e integración de ambos estudios.

Gracias al conjunto del diseño y la ingeniería se pueden obtener soluciones más funcionales, complejas y estéticas que van de acuerdo a las necesidades del usuario actual, además la implicación del proceso analítico, investigación previa y metodología son herramientas fundamentales para soluciones funcionales y accesibles.

El análisis y experimentación científica permiten generar una correcta selección de materiales, conocer el comportamiento mecánico para determinar si el diseño propuesto cumple con las condiciones necesarias que acrediten la seguridad del producto y proponer los procesos de producción, por otro lado, la aplicación del diseño aporta los conocimientos necesarios para definir las medidas del producto, peso y forma además de optar por ciertos sistemas de ensamble y preferencia de color, una de las principales aplicaciones del conocimiento adquirido a lo largo de la carrera en el proceso creativo del diseño es la implementación de una técnica creativa, en este proyecto se hizo uso de la analogía, una técnica que obliga al diseñador a hacer relaciones entre objetos o sistemas ajenos al proyecto ampliando así la perspectiva creativa, esta técnica evita que el diseño se limite a una única solución obteniendo resultados con mayor innovación y mucho más funcionales

Trabajos futuros

Durante el proceso de elaboración de tesis se encontraron dos trabajos a futuro.

En primer lugar, se tiene el desarrollo completo para generar el sistema de alerta; esto refiere a la programación, elaboración de la app, implementación del circuito para determinar posibles fallos y la aplicación práctica hasta lograr los resultados esperados.

En segundo lugar, en el capítulo 5 (evaluación) se requiere determinar el factor de seguridad del primer elemento; para realizar estos estudios es necesario conocer la tabla de esfuerzo y ciclos del material SAN FOAM; sin embargo, estos datos no se encuentran aún registrados, existiendo así un trabajo a futuro (elaborar la tabla de esfuerzo y ciclos del material SAN FOAM); para realizar estos estudios es necesario contar con el equipo necesario en el laboratorio de física. Durante el proceso de elaboración de tesis se encontraron dos trabajos a futuro.

En primer lugar, se tiene el desarrollo completo para generar el sistema de alerta; esto refiere a la programación, elaboración de la app, implementación del circuito para determinar posibles fallos y la aplicación práctica hasta lograr los resultados esperados.

En segundo lugar, en el capítulo 5 (evaluación) se requiere determinar el factor de seguridad del primer elemento; para realizar estos estudios es necesario conocer la tabla de esfuerzo y ciclos del material SAN FOAM; sin embargo, estos datos no se encuentran aún registrados, existiendo así un trabajo a futuro (elaborar la tabla de esfuerzo y ciclos del material SAN FOAM). Para realizar estos estudios es necesario contar con el equipo necesario en el laboratorio de física.

Limitaciones

El presente proyecto realiza sus prototipos de manera digital, en primer lugar, porque la producción de una pieza por moldeo en termoformado utilizando poliestireno es un proceso costoso que requiere manufactura avanzada y moldes de un precio considerable.

Por otro lado, el programa de SolidWorks tiene un límite de elementos, esto impide realizar modelos con demasiado detalle o replicar un número considerable de piezas en el mismo archivo. Esta es la principal razón por la que no fue posible replicar elementos como cierres o realizar relieves en patrón a algunos elementos.

El programa que se utilizó para realizar los estudios mecánicos del primer elemento y poder determinar su fiabilidad es el programa de ANSYS versión estudiante, esta versión tiene ciertos límites entre los que destacan el número permitido de elementos para realizar un mallado. En otras palabras, para realizar un estudio mecánico es necesario elaborar una malla; esta malla debe cubrir la pieza a analizar en su totalidad, desde la dimensión más pequeña a la predominante. Sin embargo, si la pieza a analizar tiene varias dimensiones pequeñas (1 mm), se requiere un número mayor de elementos para enmallar la pieza. Como se observó previamente, el primer modelo contaba con diversas partes cóncavas, por lo que el mallado era mayor a lo permitido (32 000 elementos), razón por la que fue necesario elaborar cambios en el diseño, realizando así un modelo con menor número de concavidades y más amplias.

Finalmente, la versión estudiante del programa ANSYS estudiantil no permite elaborar análisis dinámicos con piezas irregulares y complejas. Para esto fue necesario recurrir a la física y realizar los ejercicios necesarios para determinar la fuerza de impacto mediante una fórmula de caída libre y así realizar un estudio de mecánica no lineal en donde se implementa una fuerza a mi objeto y el programa analiza cómo se comporta el objeto ante esta fuerza ejercida.

A pesar de las limitaciones, se buscaron soluciones para obtener los resultados esperados; es parte del proyecto buscar alternativas ante cualquier problemática presentada, haciendo uso de las nuevas y viejas técnicas.

Referencias

- Ávila R., Prado L. y González E. (2007). *Dimensiones antropométricas de la población Latinoamérica*. Universidad de Guadalajara.
- Agresti, A. & Franklin, C. (2013). *Statistics: The Art and Science of Learning from Data* (4th ed.). Pearson.
- Ávila, M., (2010). *Envejecimiento humano. Una visión transdisciplinaria*. (1). Secretaría de Salud.
- Anduquia, M., Ocampo, J. y Vélez, M., (2018). *Lesiones, secuelas, discapacidad, y neutra rehabilitación Secundaria a trauma craneoencefálico por accidentes de tránsito*. [Tesis de licenciatura, Tecnólogo en atención pre hospitalaria, Universidad de Medellín-Antioquia]. Facultad de Medicina.
- Bravo, F., & Almeida, C. (2021). *Diseño y construcción de un atenuador de impactos para un vehículo monoplaza Fórmula SAE* (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica del Norte.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9ª ed.). McGraw-Hill.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Corona Vázquez, T. (2016). *Las enfermedades neurológicas*, *Gaceta Médica de México*, Academia Nacional de Medicina de México.
- Connell, M. (2001). *Arms and armor of the ancient Near East*. British Museum Press.
- Córdova, A., Ortiz, E., Hernández, M., Martínez, L., Chertorivski, S., Toscano, A., Fajardo, G., Rodríguez, R., Fromow, M., Álvarez, F., Fernández, B., Olmos, C., Gutiérrez, M., Gutiérrez, H., & Horcajada, D. (2010). *Anatomía morfológica aplicada a la representación*. Universidad Complutense de Madrid.

- Crespo, J., Martínez, F., & Martínez, A. (2002). Diseño de un absorbedor frente a impactos. En M. Goicolea, C. Mota, M. Pastor, & G. Bugada (Eds.), *Métodos numéricos en ingeniería V* (pp. 1–19). SEMNI.
- Greenberg, M. S. (2019). *Handbook of Neurosurgery* (9th ed.). Thieme.
- González Bernal, J. (2014). *Desarrollo humano en la vejez. INFAD Revista de Psicología*, 7, 121-129
- Gil-Nagel, A. (2016). Epilepsia en el anciano. En A. Gil-Nagel, P. Gil, J. López, & F. Veiga (Eds.), *Guía de buena práctica clínica de geriatría* (pp. 11–53). IMC.
- González, A., Bonilla, J., Vargas, E., & Bonilla, G. (2016). Rehabilitación neurocognitiva en trauma craneoencefálico. *Revista Nacional de Neurociencia*, 2, 20–28.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2011). *Mecánica de materiales* (7ª ed.). Cengage Learning.
- Fuchs, M., Cocilovo, J., & Varela, H. (2015). Cambios morfológicos en el cráneo debidos a la edad en la población tardía de la Puna de Jujuy. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 17(2), 1–8.
- Hurtado, P. (2010). *Metodología y aplicaciones de diseño paramétrico* (Tesis de maestría en CAD/CAM/CIM). Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Diseño y Fabricación.
- Hibbeler, R. C. (1995). *Mecánica de materiales* (3.ª ed.). Prentice Hall.
- Kish, L. (1965). *Survey sampling*. John Wiley & Sons.
- Kang, H., Jung, J., & Kim, S. (2021). *Energy-absorbing bicycle helmet design based on 3D-printed lattice structures. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4635.
- López, M. (2002). *Modelado de casco por inserción* (Patente de EE. UU. No. 5,515,546).
- León, P., Olivares, B., Cruz, F., & Briones, C. (2016). *Trauma: un problema de salud en México* (1.ª ed.). Intersistemas, S. A. de C. V.

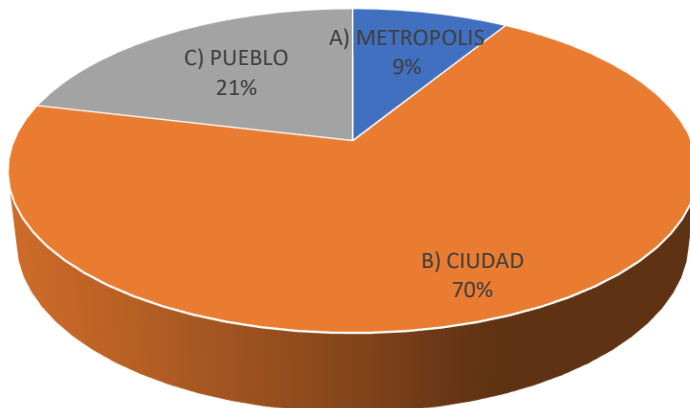
- Morales, G., & Bialik, P. (2020). Situación de la epilepsia en México y América Latina. *Anales Médicos de México*, 65(2), 224–232.
- MAPFRE. (1992). *La antropometría: la ciencia de la determinación y aplicación de las medidas del cuerpo humano*. <https://docplayer.es/80012923-la-antropometria-es-la-ciencia-de-la-determinacion-y-aplicacion-de-las-medidas-del-cuerpo-humano-mapfre-1992-es-la-ciencia-que-estudia-en-concreto.html>.
- Moore, D. S., Notz, W. I., & Fligner, M. A. (2015). *The basic practice of statistics* (7th ed.). W. H. Freeman.
- Romero, L., Esquivel, A., Mesa, M., Mohedas, A., & Recarte, M. (s. f.). *Fisioterapia en las enfermedades neurológicas en el anciano*. REDUCA (Recursos Educativos). [https://\[URL-pública\]](https://[URL-pública])
- Ruelas, M. (2006). Lesiones accidentales en adultos mayores. En B. Saraceno (Ed.), *Trastornos neurológicos: desafíos para la salud pública* (pp. 463–472). Organización Mundial de la Salud.
- Ruiz, E. (2017). *Modelado de fractura del cráneo bajo condiciones de impacto* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Río, P. (2000). *Estudio antropológico-forense, antropométrico y morfológico de la colección de la Escuela de Medicina Legal de Madrid* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Legal.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud*. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Caídas*. OMS.
- Pan, C. S., Kumar, S., & Shankar, M. (2020). *An approach to characterize the impact absorption performance of helmets*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6800.

- Tarrillo, E. (2019). *Tipos de lesiones traumatológicas post caídas que llegan a la emergencia del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de julio de 2018 a junio de 2019* (Tesis de especialidad en Ortopedia y Traumatología). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Unidad de Posgrado, Escuela Profesional de Medicina Humana.
- Sardi, M., Anzelmo, M., Barbeito-Andrés, J., & Pucciarelli, H. (2011). Envejecimiento, pérdida dentaria y cambios craneofaciales. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 13, 61–69.
- Sanjuán, A. (2019). *Diseño, desarrollo y optimización de un casco deportivo ligero mediante el empleo de nuevas fibras de alto rendimiento a impacto* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy.
- Salgado, R. (2000). *Proceso para fabricar cascos protectores* (Solicitud de patente MX PA01008934 A). Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- Ulrich, K. T. (2013). Procesos y organizaciones de desarrollo. En K. T. Ulrich & S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos* (pp. 12–24). McGraw-Hill Interamericana.
- Villar, T., Mesa, P., Esteban, B., Sanjoaquín, C., & Fernández, H. (2002). Alteraciones de la marcha, inestabilidad y caídas. En *Tratado de geriatría para residentes* (pp. 199–209).
- World Health Organization. (2006). *Neurological disorders: public health challenges*. WHO Press.
- Zaera, R. (2015). *Diseño optimizado de elementos estructurales para absorción de energía en choques: viga biapoyada sometida a flexión* (Tesis doctoral en Ingeniería Mecánica). Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras.

ANEXO A

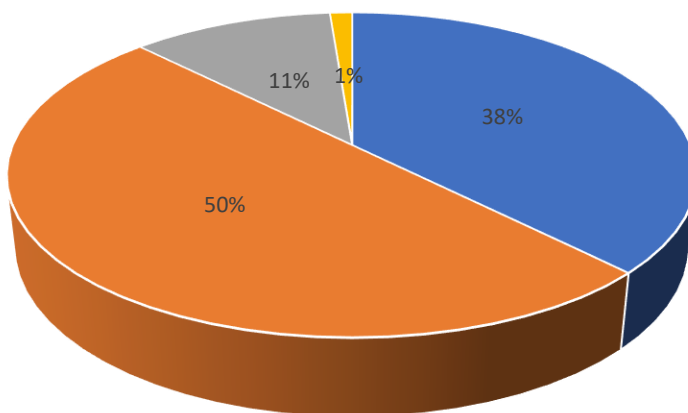
Entrevista a adultos mayores.

1. ¿DONDE RESIDE ACTUALMENTE?



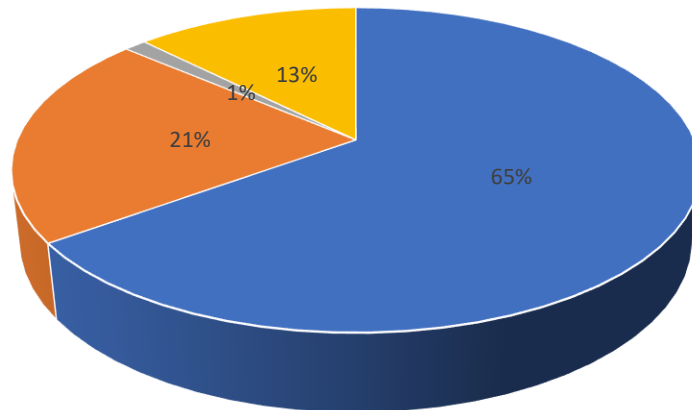
■ A) METROPOLIS ■ B) CIUDAD ■ C) PUEBLO

2. ¿CÚAL ES SU PESO?



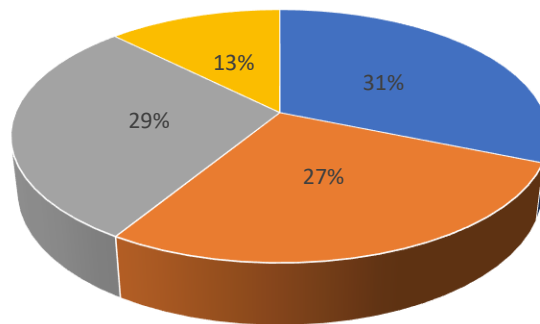
■ A) 50-60 KG ■ B) 61 -75 KG ■ C) 76 - 90 KG ■ D) MAS DE 90 KG

3. ¿CON QUIEN VIVE ACTUALMENTE?



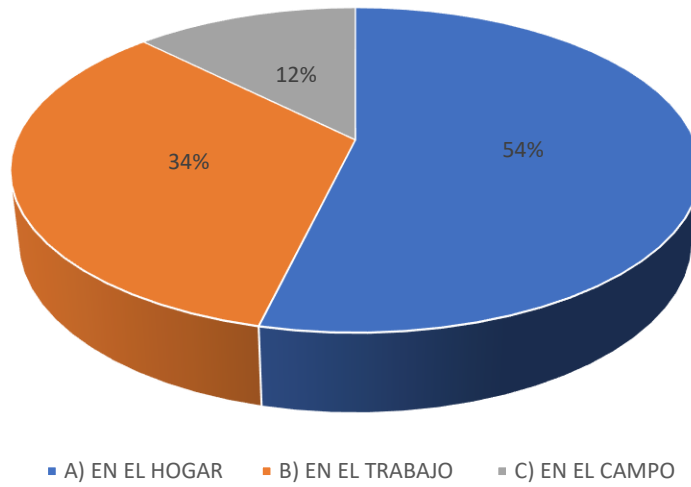
■ A) FAMILIA ■ B) CONYUGUE ■ C) CUIDADOR/ ENFERMERO ■ D) SOLO

4. ALTURA A LA CUAL SE ENCUENTRAN LOS ADULTOS MAYORES CUANDO REALIZAN SU ACTIVIDADES

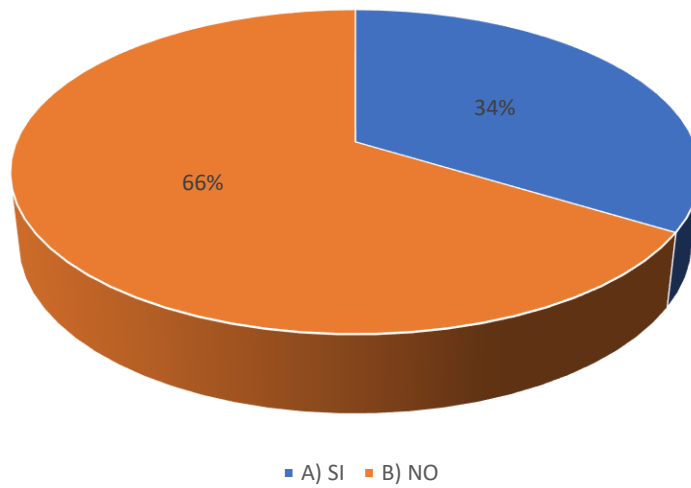


■ A) 0 - 0.5 mts ■ B) 0.6 - 1 mts ■ C) 1 - 2 mts ■ D) MAS DE 2 mts

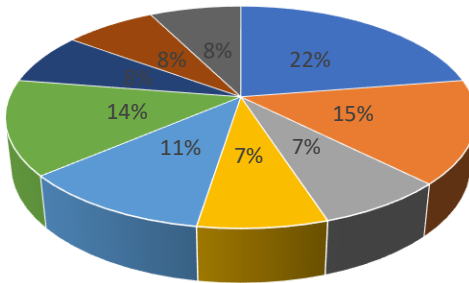
5. ESPACIO DONDE REALIZAN SUS ACTIVIDADES



6. ¿SUFRE ALGUN TIPO DE ENFERMEDAD?

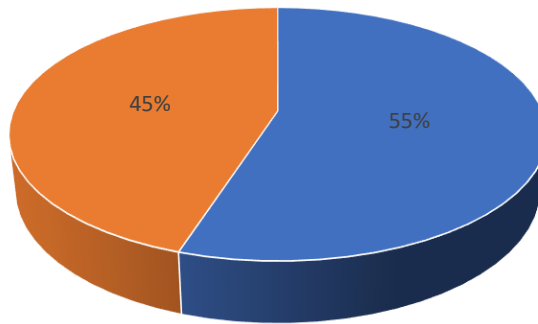


7. CON BASE A LA PREGUNTA ANTERIOR ¿QUE TIPO DE ENFERMEDAD PADECE?



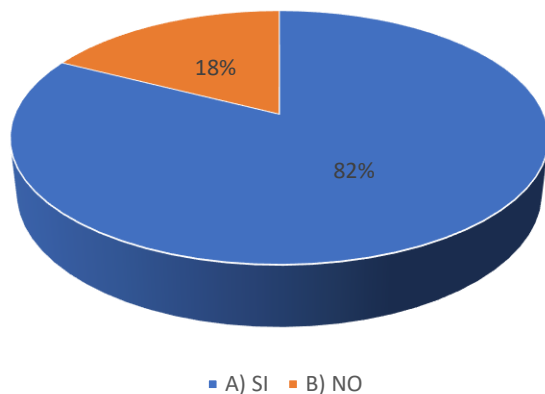
- A) DOLOR DE RODILLA
- B) VERTIGO
- C) PRESION
- D) FIBROMIALGIA
- E) DIABETES
- F) DOLOR DE CADERA
- G) ARTRITIS
- H) INFECCIONES
- I) CONVULSIONES

8. ¿SIENTE INSEGURIDAD AL QUEDARSE SOLO EN SU AREA DE TRABAJO O EN SU HOGAR POR MIEDO A SUFRIR ALGUNA CAIDA?

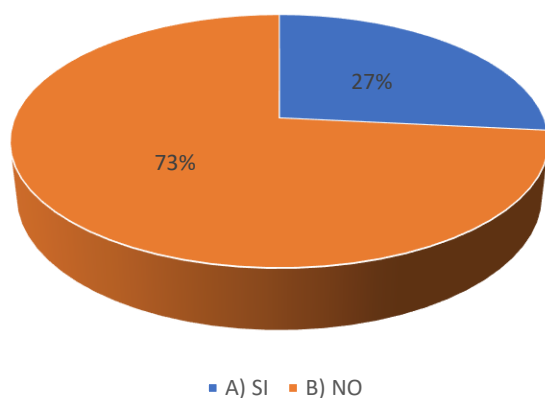


- A) SI
- B) NO

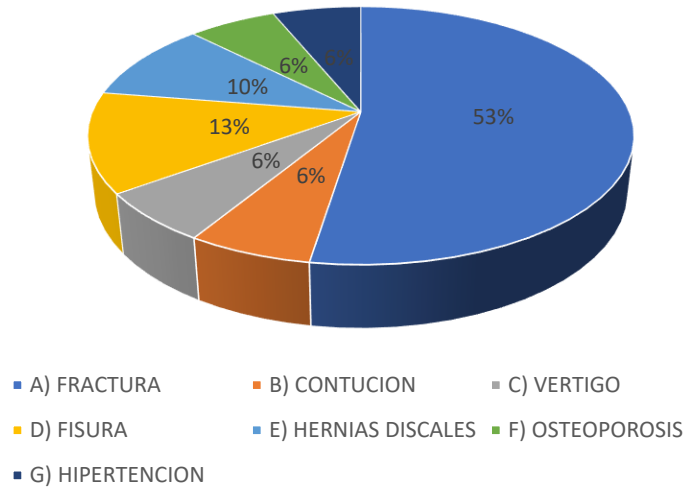
9. ¿CONSIDERA NECESARIO TENER COMUNICACIÓN CON UN FAMILIAR O ALGUN ALLEGADO PARA QUE LE AUXILIE EN CASO DE SUFRIR UNA CAIDA?



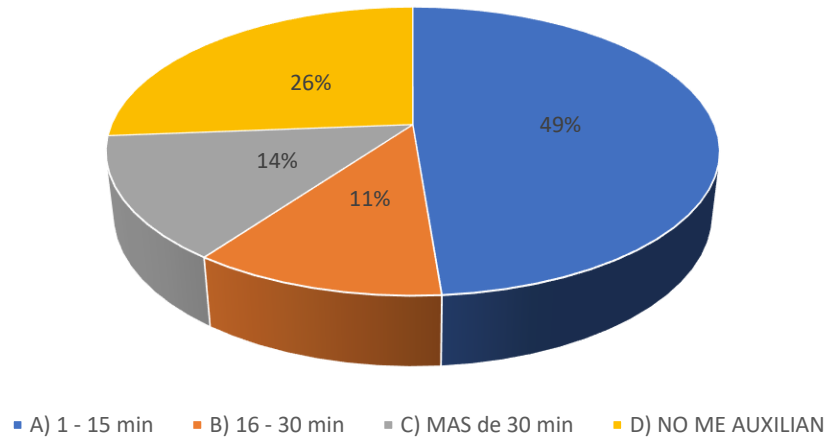
10. EN CASO DE ALGUNA CAIDA, ¿USTED CONSIDERA QUE ES NECESARIA LA ATENCION MEDICA?



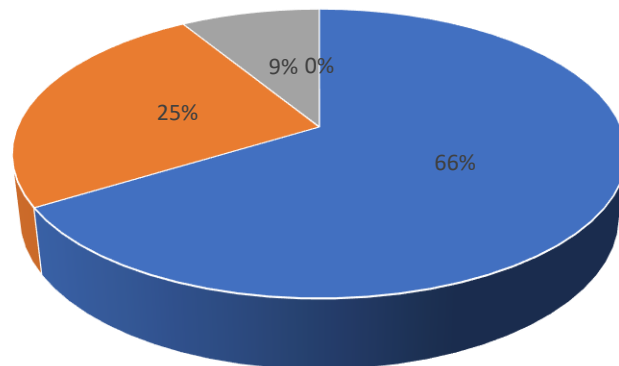
11. DIAGNOSTICO MEDICO A CAUSA DE UNA CAIDA



12. EN CASO DE UNA CAIDA ¿CUANTO TIEMPO TARDAN EN AUXILIARLA?

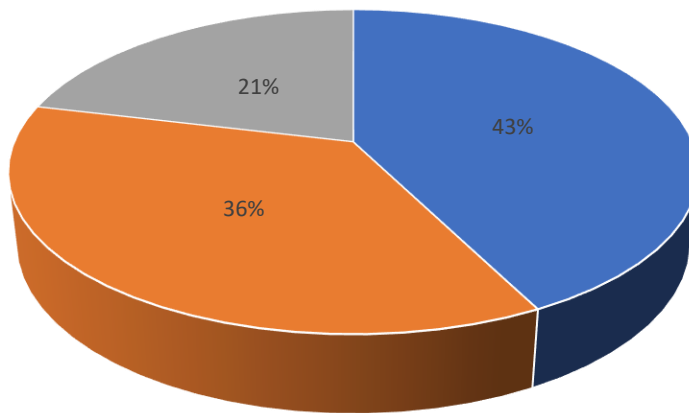


13. EN CASO DE UNA CAIDA ¿QUE TIEMPO PERMANECE EN EL SUELO?



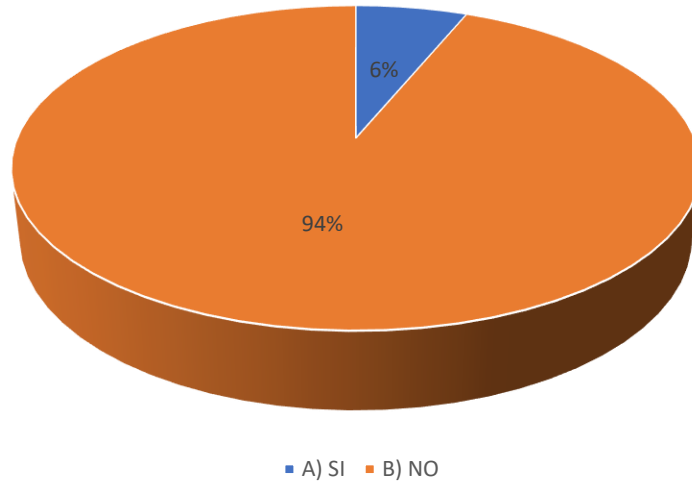
■ A) 1 - 15 min ■ B) 16 - 30 min ■ C) Más de 30 min ■ D) PIERDOLACONCIENCIA

Título 14. ¿QUE TIPO DE CAÍDA HA PRESENTADO?

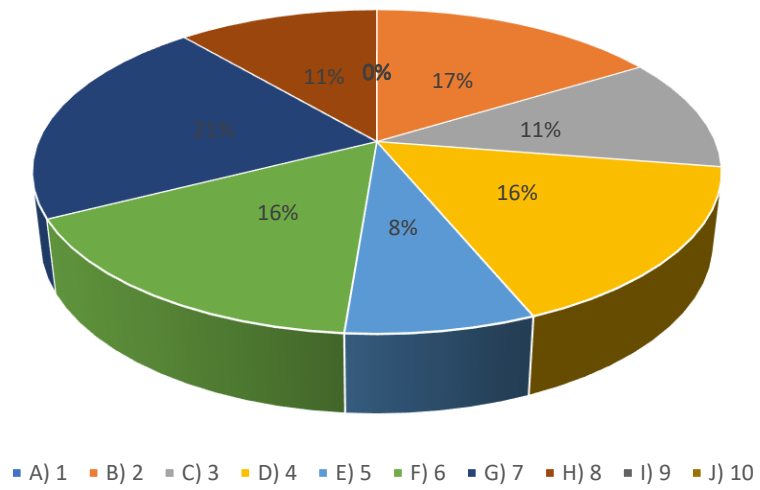


■ A) DE ESPALDAS ■ B) DE LADO ■ C) DE FRENTE

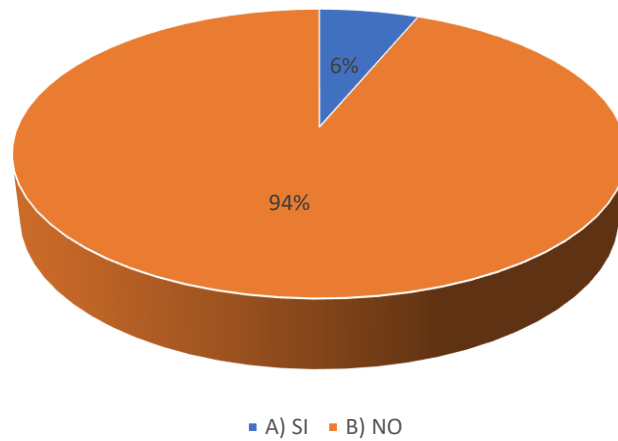
15. PRESENTO GOLPES EN LA CABEZA



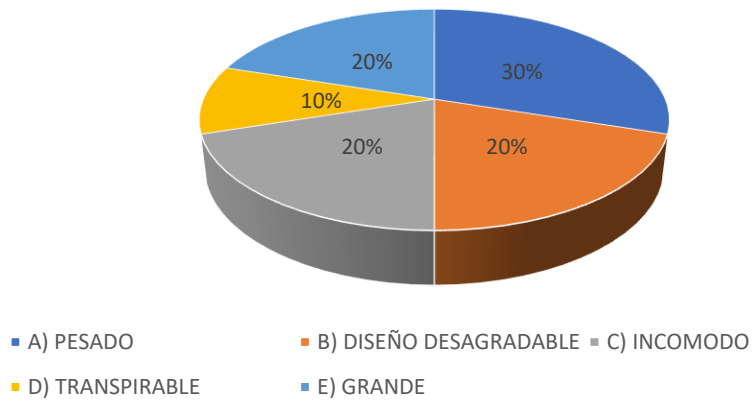
16. INTENSIDAD DEL GOLPE



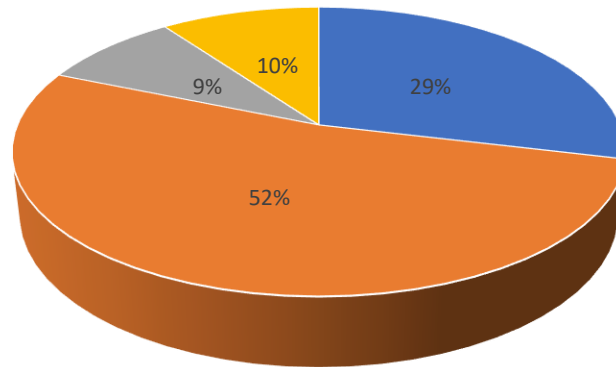
17. ¿USAN DISPOSITIVOS DE PROTECCION CRANEAL?



18. EN CASO DE USAR UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL, ¿CUALES SON LOS DEFECTOS DE ESTE DISPOSITIVO?

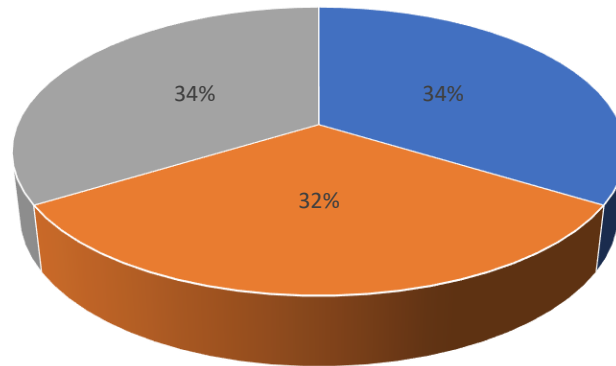


19. ¿PORQUE NO CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL?



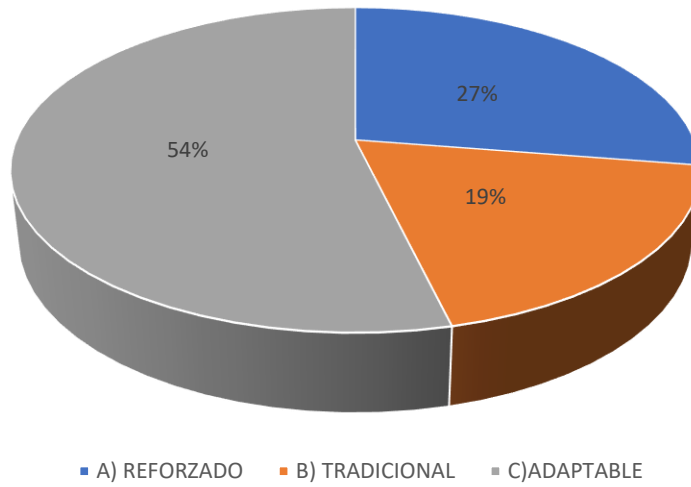
■ A) ES INECESARIO ■ B) NO LO CONOCIA ■ C) NO ME GUSTAN ■ D) ES MUY CARO

20.GAMA DE COLORES AGRADABLES PARA EL USUARIO

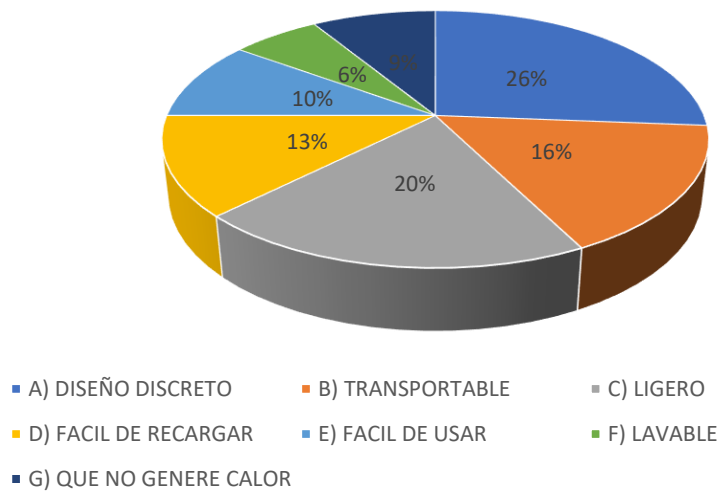


■ A) CALIDOS ■ B) FRIOS ■ C) NEUTRALES

21. DISEÑOS DE PREFERENCIA



22. CARACTERISTICAS QUE EL SUARIO PREFIERE



ANEXO B

Calculo de frecuencia relativa, absoluta y moda de la primera entrevista.

PREGUNTA	RESPUESTAS	F. RELATIVA	F. ABSOLUTA	MODA
1. RESIDENCIA	A) METROPOLIS	7.00	8.75%	CIUDAD
	B) CIUDAD	56.00	70.00%	
	C) PUEBLO	17.00	21.25%	
2. RANGO DE PESO	A) 50-60 KG	30.00	37.50%	61 -75 KG
	B) 61 -75 KG	40.00	50.00%	
	C) 76 - 90 KG	9.00	11.25%	
	D) MAS DE 90 KG	1.00	1.25%	
3. ¿CON QUIEN VIVE ACTUALMENTE?	A) FAMILIA	52.00	65.00%	FAMILIA
	B) CONYUGUE	17.00	21.25%	
	C) CUIDADOR/ ENFERMERO	1.00	1.25%	
	D) SOLO	10.00	12.50%	
4. ALTURA A LA CUAL SE ENCUENTRAN LOS ADULTOS MAYORES CUANDO REALIZAN SU ACTIVIDADES	A) 0 - 0-5 mts	25.00	31.25%	0 - 0-5 m
	B) 0-6 - 1 mts	22.00	27.50%	
	C) 1 - 2 mts	23.00	28.75%	
	D) MAS DE 2 mts	10.00	12.50%	
5. ESPACO DONDE REALIZAN SUS ACTIVIDADES	A) EN EL HOGAR	43.00	53.75%	EN EL HOGAR
	B) EN EL TRABAJO	27.00	33.75%	
	C) EN EL CAMPO	10.00	12.50%	
6. ¿SUFRE ALGUN TIPO DE ENFERMEDAD?	A) SI	27.00	33.75%	NO
	B) NO	53.00	66.25%	
7. CON BASE A LA PREGUNTA ANTERIOR ¿QUE TIPO DE ENFERMEDAD PADECE?	A) DOLOR DE RODILLA	18.00	22.50%	DOLOR DE RODILLAS
	B) VERTIGO	12.00	15.00%	
	C) PRESION	6.00	7.50%	
	D) FIBROMIALGIA	6.00	7.50%	
	E) DIABETES	9.00	11.25%	
	F) DOLOR DE CADERA	11.00	13.75%	
	G) ARTRITIS	6.00	7.50%	
	H) INFECCIONES	6.00	7.50%	
	I) CONVULSIONES	6.00	7.50%	
8. ¿SIENTE INSEGURIDAD AL QUEDARSE SOLO EN SU AREA DE TRABAJO O EN SU HOGAR POR MIEDO A SUFRIR ALGUNA CAIDA?	A) SI	44.00	55.00%	SI
	B) NO	36.00	45.00%	

9. ¿CONSIDERA NECESARIO TENER COMUNICACIÓN CON UN FAMILIAR O ALGUN ALLEGADO PARA QUE LE AUXILIE EN CASO DE SUFRIR UNA CAIDA?	A) SI	66.00	82.50%	SI
	B) NO	14.00	17.50%	
10. EN CASO DE ALGUNA CAIDA, ¿USTED CONSIDERA QUE ES NECESARIA LA ATENCION MEDICA?	A) SI	21.00	26.25%	NO
	B) NO	58.00	72.50%	
11. DIAGNOSTICO MEDICO A CAUSA DE UNA CAIDA	A) FRACTURA	42.00	52.50%	FRACTURA
	B) CONTUCION	5.00	6.25%	
	C) VERTIGO	5.00	6.25%	
	D) FISURA	10.00	12.50%	
	E) HERNIAS DISCALES	8.00	10.00%	
	F) OSTEOPOROSIS	5.00	6.25%	
	G) HIPERTENCION	5.00	6.25%	
12. EN CASO DE UNA CAIDA ¿CUANTO TIEMPO TARDAN EN AUXILIARLA?	A) 1 - 15 min	39.00	48.75%	1 - 15 Min
	B) 16 - 30 min	9.00	11.25%	
	C) MAS de 30 min	11.00	13.75%	
	D) NO ME AUXILIAN	21.00	26.25%	
13. EN CASO DE UNA CAIDA ¿QUE TIEMPO PERMANECE EN EL SUELO?	A) 1 - 15 min	53.00	66.25%	1- 15 Min
	B) 16 - 30 min	20.00	25.00%	
	C) Más de 30 min	7.00	8.75%	
	D) PIERDOLA CONCIENCIA	0.00	0.00%	
14. TIPOS DE CAIDAS	A) DE ESPALDAS	34.00	42.50%	DE ESPALDAS
	B) DE LADO	29.00	36.25%	
	C) DE FRENTE	17.00	21.25%	
15. PRESENTO GOLPES EN LA CABEZA	A) SI	5.00	6.25%	NO
	B) NO	75.00	93.75%	
16. INTENSIDAD DEL GOLPE	A) 1	0.00	0.00%	7
	B) 2	13.00	16.25%	
	C) 3	9.00	11.25%	
	D) 4	13.00	16.25%	
	E) 5	6.00	7.50%	
	F) 6	13.00	16.25%	
	G) 7	17.00	21.25%	
	H) 8	9.00	11.25%	
	I) 9	0.00	0.00%	
	J) 10	0.00	0.00%	

17. ¿USAN DISPOSITIVOS DE PROTECCION CRANEAL?	A) SI	5.00	6.25%	NO
	B) NO	75.00	93.75%	
18. EN CASO DE USAR UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL, ¿CUALES SON LOS DEFECTOS DE ESTE DISPOSITIVO?	A) PESADO	24.00	30.00%	PESADO
	B) DISEÑO DESAGRADABLE	16.00	20.00%	
	C) INCOMODO	16.00	20.00%	
	D) TRANSPIRABLE	8.00	10.00%	
	E) GRANDE	16.00	20.00%	
19. ¿PORQUE NO CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL?	A) ES INECESARIO	23.00	28.75%	NO LO CONOCIA
	B) NO LO CONOCIA	42.00	52.50%	
	C) NO ME GUSTAN	7.00	8.75%	
	D) ES MUY CARO	8.00	10.00%	
20.GAMA DE COLORES AGRADABLES PARA EL USUARIO	A) CALIDOS	27.00	33.75%	CALIDOS / NEUTRALES
	B) FRIOS	26.00	32.50%	
	C) NEUTRALES	27.00	33.75%	
21. DISEÑOS DE PREFERENCIA	A) REFORZADO	22.00	27.50%	ADAPTABLE
	B) TRADICIONAL	15.00	18.75%	
	C)ADAPTABLE	43.00	53.75%	
22. CARACTERISTICAS QUE EL SUARIO PREFERE	A) DISEÑO DISCRETO	21.00	26.25%	DISEÑO DISCRETO
	B) TRANSPORTABLE	13.00	16.25%	
	C) LIGERO	16.00	20.00%	
	D) FACIL DE RECARGAR	10.00	12.50%	
	E) FACIL DE USAR	8.00	10.00%	
	F) LAVABLE	5.00	6.25%	
	G) QUE NO GENERE CALOR	7.00	8.75%	

Calculo de la frecuencia relativa, absoluta y moda de la segunda entrevista.

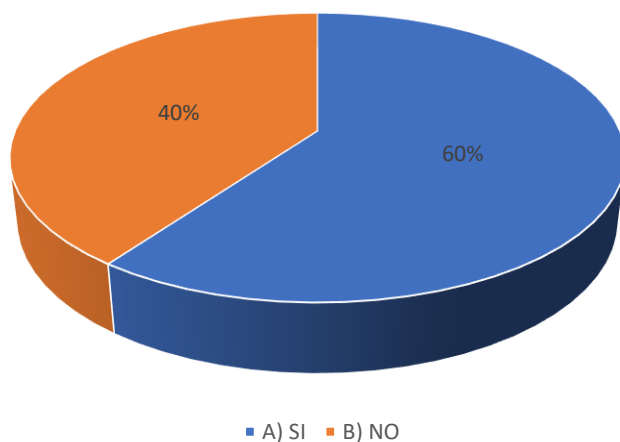
PREGUNTA	RESPUESTAS	F. RELATIVA	F. ABSOLUTA	MODA
1. ¿CUENTA EL ADULTO MAYOR CON UN DISPOSITIVO MOVIL?	A) SI	48.00	60.00%	SI
	B) NO	32.00	40.00%	
2. EN ESCALA DEL 1-10, ¿QUE TAN FAMILIARIZADOS SE ENCUENTRAN LOS ADULTOS MAYORES CON LA TECNOLOGIA?	A) 1	12.00	15.00%	5
	B) 2	7.00	8.75%	
	C) 3	7.00	8.75%	
	D) 4	14.00	17.50%	
	E) 5	18.00	22.50%	
	F) 6	11.00	13.75%	
	G) 7	7.00	8.75%	
	H) 8	3.00	3.75%	
	I) 9	1.00	1.25%	
	J) 10	0.00	0.00%	
3. EL ADULTO MAYOR AH SUFRIDO UNA CAIDA EN LOS ULTIMOS DOS AÑOS	A) SI	28.00	35.00%	NO
	B) NO	52.00	65.00%	
4. PARTES DEL CUERPO DONDE RECIBIO EL GOLPE	A) CADERA / GLUTEOS	17.00	21.25%	RODILLA
	B) RODILLA	30.00	37.50%	
	C) CABEZA	21.00	26.25%	
	D) CLAVICULA	3.00	3.75%	
	E) TRONCO	3.00	3.75%	
	F) MANO Y BRAZO	3.00	3.75%	
	G) ESPINILLAS	3.00	3.75%	
5. EL ADULTO MAYOR REQUIRIO ATENCION MEDICA	A) SI	39.00	48.75%	NO
	B) NO	41.00	51.25%	
6. ALTURA APROXIMADA DE LA CAIDA	A) 0 - 0-5 mts	43.00	53.75%	0 - 0-5 m
	B) 0-6 - 1 mts	23.00	28.75%	
	C) 1 - 2 mts	8.00	10.00%	
	D) MAS DE 2 mts	6.00	7.50%	
7. EL ADULTO MAYOR FUE AUXILIADO DESPUES DE LA CAIDA	A) SI	51.00	63.75%	SI
	B) NO	29.00	36.25%	
8. EL ADULTO MAYOR CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL	A) SI	0.00	0.00%	NO
	B) NO	80.00	100.00%	
9. RAZONES POR LAS CUALES EL ADULTO MAYOR NO CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL	A) NO ES ECESARIO	15.00	18.75%	NO LO CONOCIA
	B) FALTA DE INGRESOS	7.00	8.75%	
	C) NO LO CONOCIA	53.00	66.25%	

	D) FALTA DE AGRADO CON LOS DISEÑOS EXISTENTES	5.00	6.25%	
10. NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ALERTA EN EL DISPOSITIVO	A) SI	71.00	88.75%	SI
	B) NO	9.00	11.25%	
11. PRECIO QUE ESTA DISPUESTO A PAGAR POR UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL	A) MENOS DE \$500.00	12.00	15.00%	DE \$1,000.00 - \$2,000.00
	B) DE \$500.00 - \$1,000.00	24.00	30.00%	
	C) DE \$1,000.00 - \$2,000.00	26.00	32.50%	
	D) MAS DE \$2,000.00	18.00	22.50%	
12- CONOCE CASOS DE MUERTE DERIVADOS DE UNA CAIDA DE BAJO IMPACTO	A) SI	28.00	35.00%	NO
	B) NO	52.00	65.00%	
13. EN DONDE SE ORIGINO EL GOLPE DEL FALLECIAMIENTO	A) CABEZA	49.00	61.25%	CABEZA
	B) CADERA	22.00	27.50%	
	C) CUERPO EN GENERAL	4.00	5.00%	
	D) OTRO	5.00	6.25%	

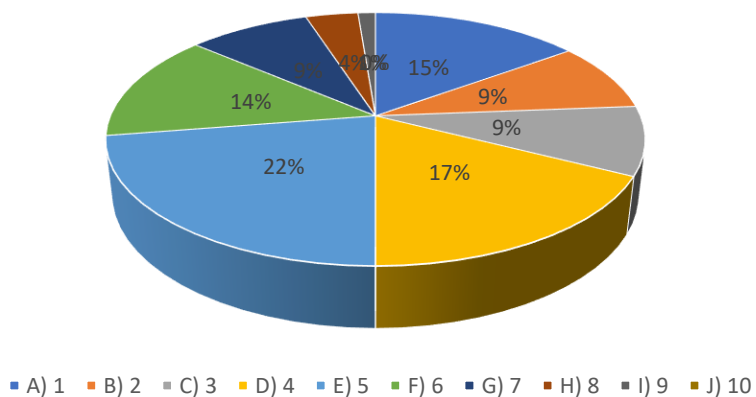
ANEXO C

Segunda entrevista realizada.

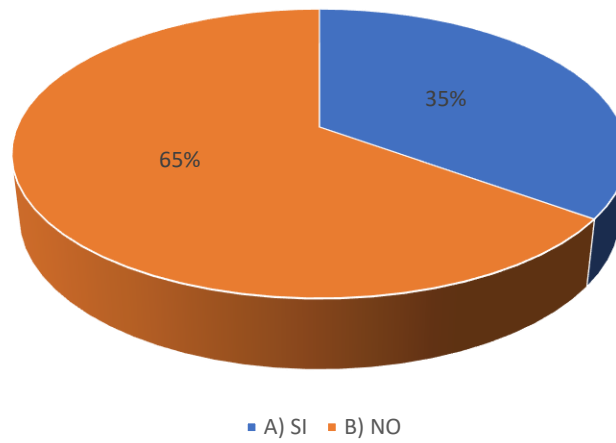
1. ¿CUENTA EL ADULTO MAYOR CON UN DISPOSITIVO MOVIL?



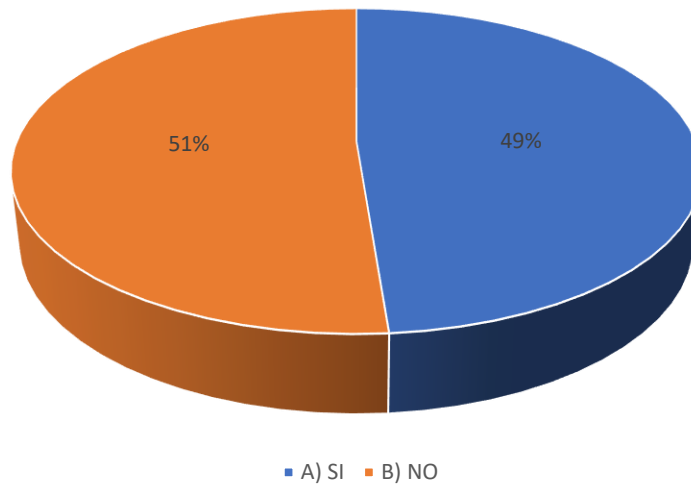
2. EN ESCALA DEL 1-10, ¿QUE TAN FAMILIARIZADOS SE ENCUENTRAN LOS ADULTOS MAYORES CON LA TECNOLOGIA?



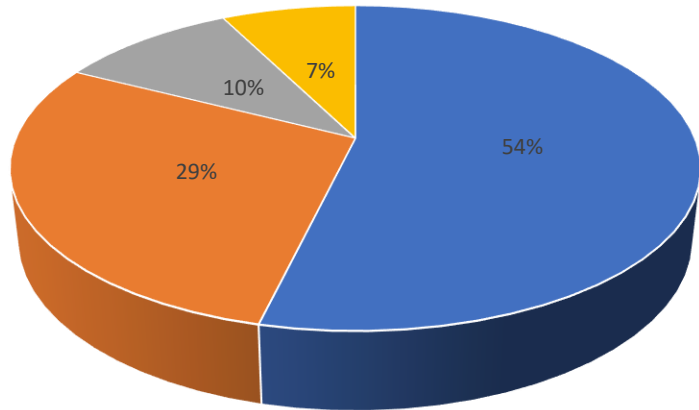
3. EL ADULTO MAYOR AH SUFRIDO UNA CAIDA EN LOS ULTIMOS DOS AÑOS



5. EL ADULTO MAYOR REQUIRIO ATENCION MEDICA

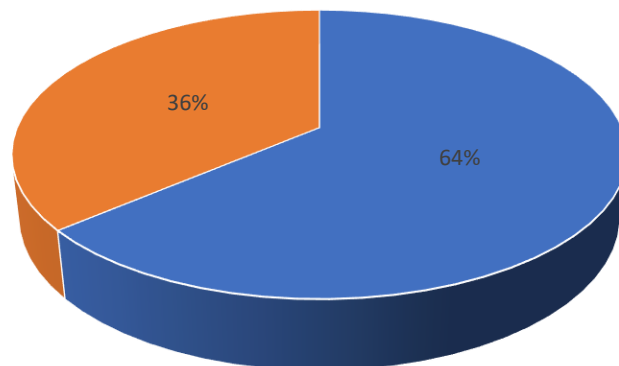


6. ALTURA APROXIMADA DE LA CAIDA



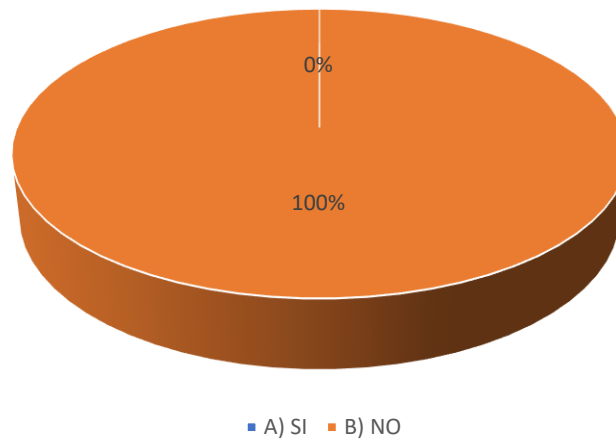
■ A) 0 - 0.5 mts ■ B) 0.6 - 1 mts ■ C) 1 - 2 mts ■ D) MAS DE 2 mts

7. EL ADULTO MAYOR FUE AUXILIADO DESPUES DE LA CAIDA

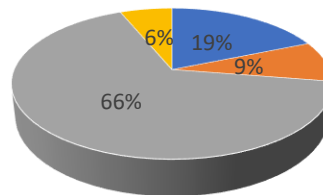


■ A) SI ■ B) NO

8. EL ADULTO MAYOR CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL

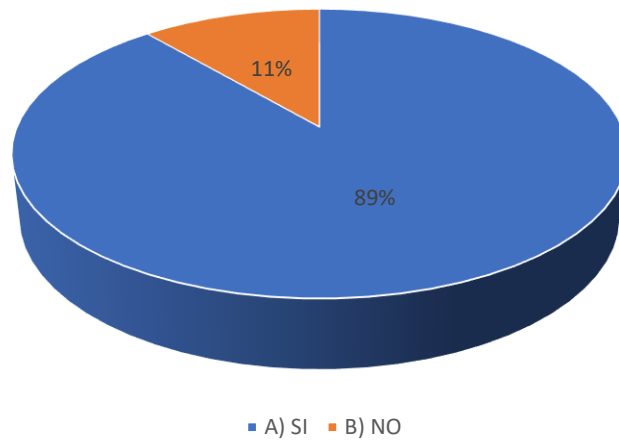


9. RAZONES POR LAS CUALES EL ADULTO MAYOR NO CUENTA CON UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL

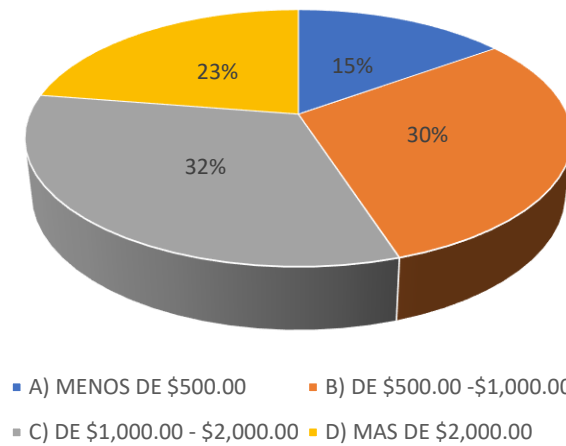


- A) NO ES ECESARIO
- B) FALTA DE INGRESOS
- C) NO LO CONOCIA
- D) FALTA DE AGRADO CON LOS DISEÑOS EXISTENTES

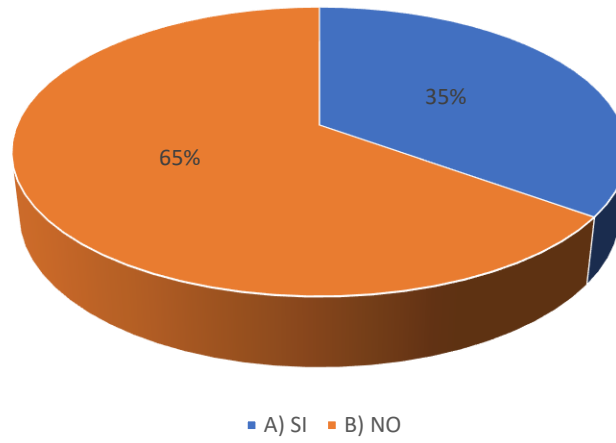
10. NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ALERTA EN EL DISPOSITIVO



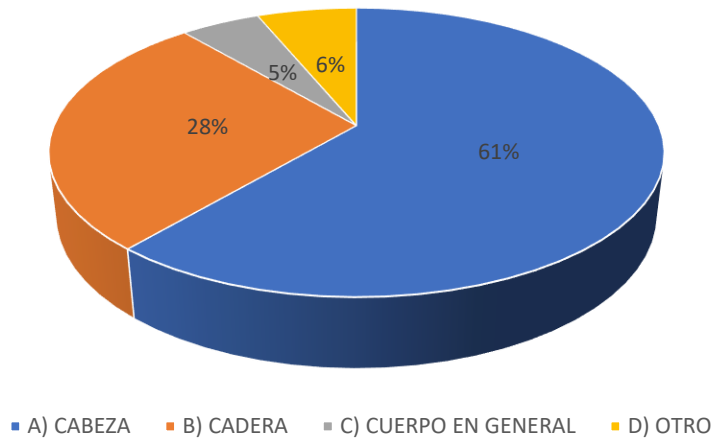
11. PRECIO QUE ESTA DISPUESTO A PAGAR POR UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CRANEAL



12- CONOCE CASOS DE MUERTE DERIVADOS DE UNA CAIDA DE BAJO IMPACTO



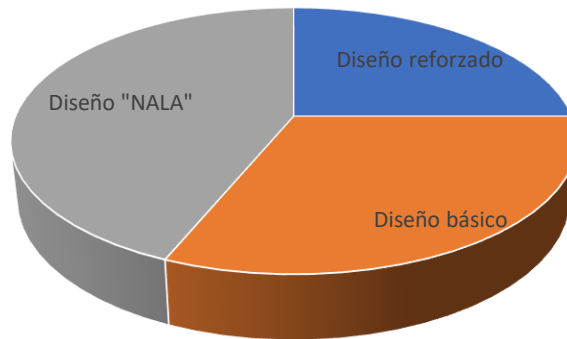
13. EN DONDE SE ORIGINO EL GOLPE DEL FALLECIAMIENTO



ANEXO D

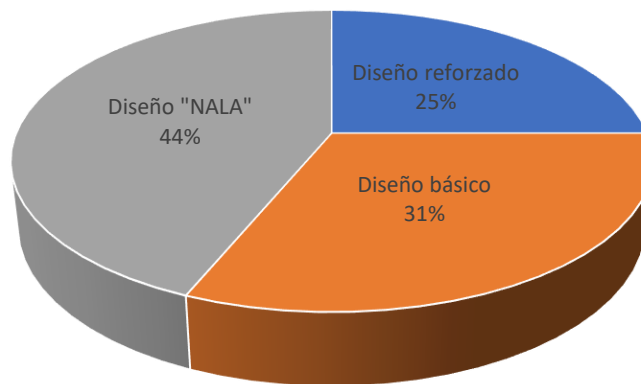
Tercera entrevista realizada a 80 personas adultas mayores.

¿Cuál de los siguientes modelos es de su mayor agrado?



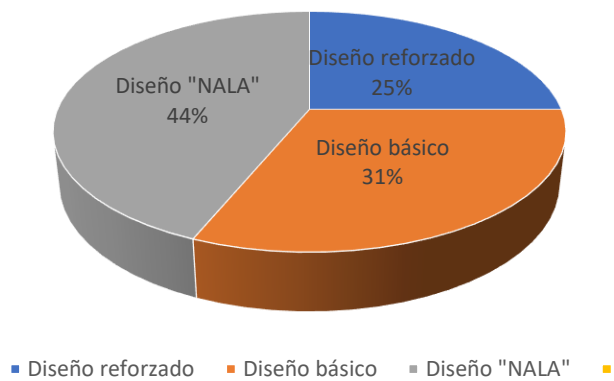
■ Diseño reforzado ■ Diseño básico ■ Diseño "NALA" ■

¿Que le agrada más del diseño?



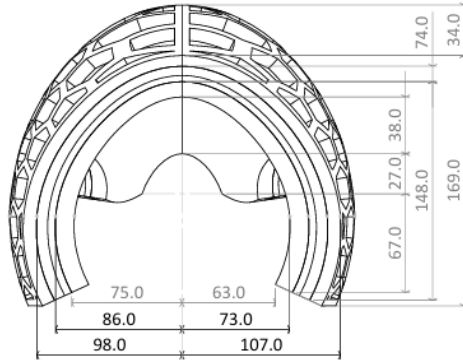
■ Diseño reforzado ■ Diseño básico ■ Diseño "NALA" ■

Entre los siguientes rpotectores craneales. ¿Cuál prefiere usar para su uso diario en caso de requerirlo?

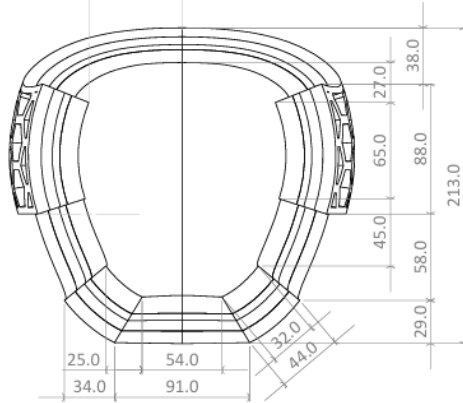


ANEXO E

~ 152 ~



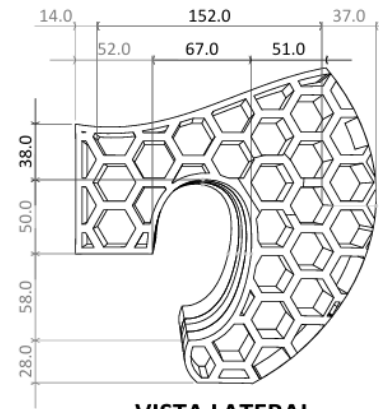
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL






ISOMÉTRICO



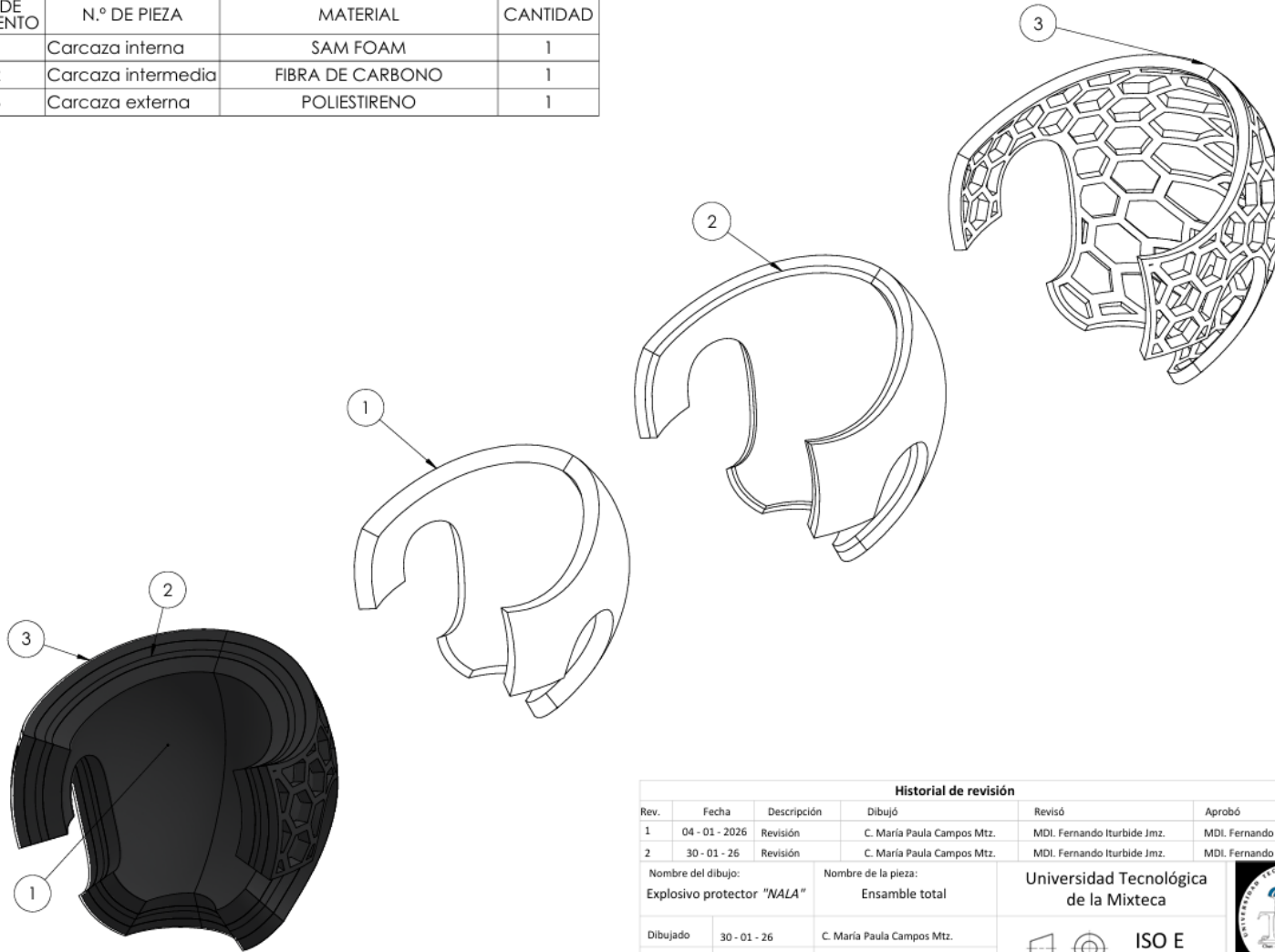
VISTA LATERAL

Historial de revisión

Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
Nombre del dibujo: Protector "NALA" tamaño M			Nombre de la pieza: Ensamble total		Universidad Tecnológica de la Mixteca 
Dibujado	30 - 01 - 26	C. María Paula Campos Mtz.			 ISO E
Aprobado	30 - 01 - 26	MDI. Fernando Iturbide Jmz.			
Unidades: mm			ESCALA: 1:5	Núm. de Dibujo: 7	HOJA 7 DE 14

~ 153 ~

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Carcaza interna	SAM FOAM	1
2	Carcaza intermedia	FIBRA DE CARBONO	1
3	Carcaza externa	POLIESTIRENO	1



Historial de revisión

Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.

Nombre del dibujo:
Explosivo protector "NALA"

Nombre de la pieza:
Ensamble total

Universidad Tecnológica
de la Mixteca



Dibujado 30 - 01 - 26 C. María Paula Campos Mtz.
Aprobado 30 - 01 - 26 MDI. Fernando Iturbide Jmz.

ISO E

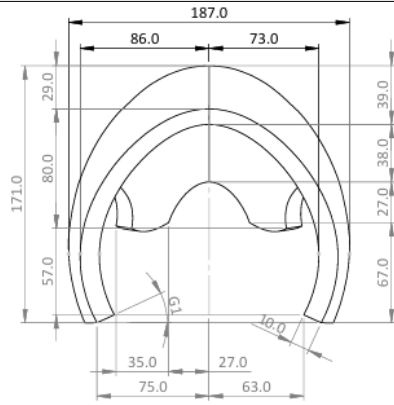
Unidades: mm

ESCALA:1:5

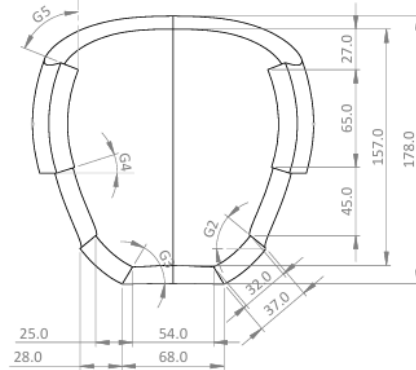
Núm. de Dibujo: 8

HOJA 8 DE 14

~ 154 ~



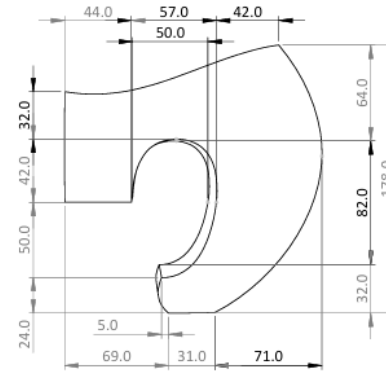
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO



VISTA LATERAL

Historial de revisión

Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.

Nombre del dibujo:
Protector "NALA" M - P1

Nombre de la pieza:
Carcasa interna

Universidad Tecnológica
de la Mixteca



Dibujado 30 - 01 - 26
Aprobado 30 - 01 - 26

C. María Paula Campos Mtz.
MDI. Fernando Iturbide Jmz.

ISO E

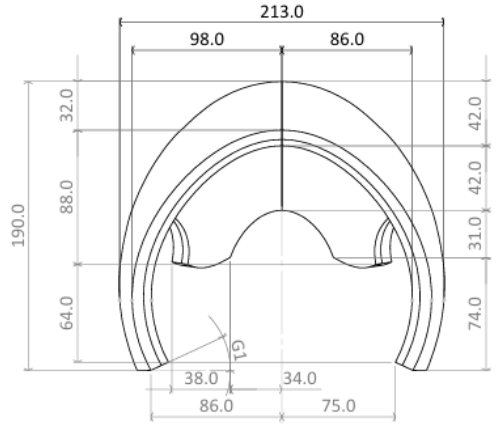
Unidades: mm

ESCALA:1:2

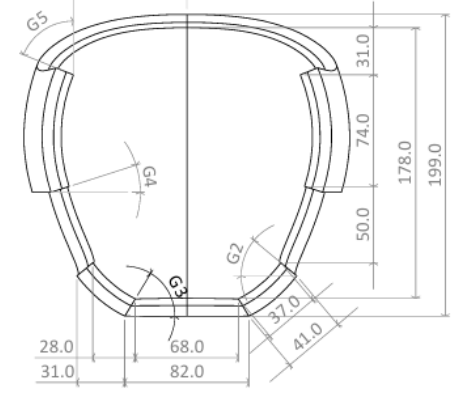
Núm. de Dibujo: 9

HOJA 9 DE 14

~ 155 ~



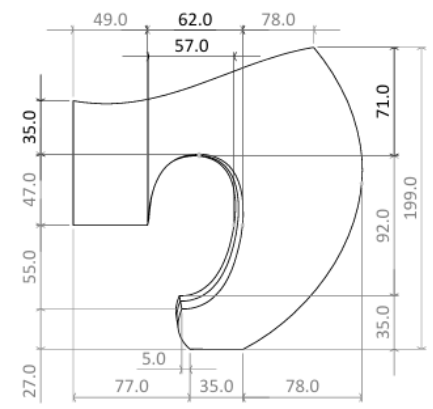
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO



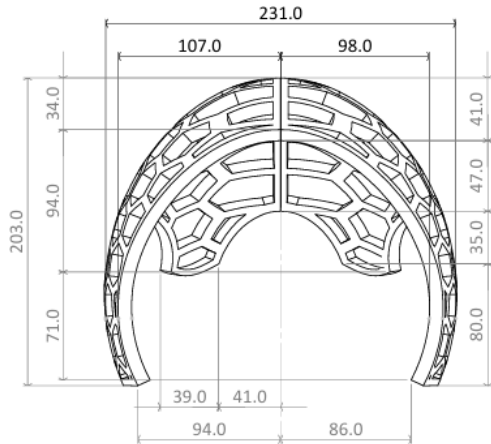
VISTA LATERAL

Historial de revisión

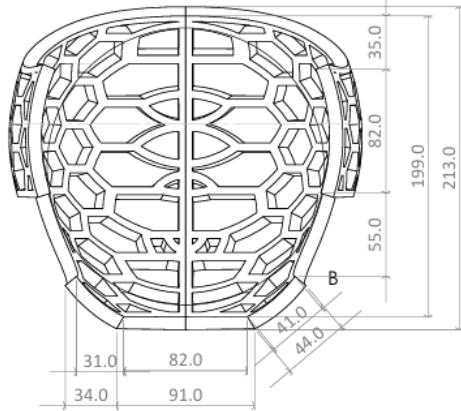
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.

Nombre del dibujo: Protector "NALA" M - P2	Nombre de la pieza: Carcasa intermedia	Universidad Tecnológica de la Mixteca	
Dibujado 30 - 01 - 26	C. María Paula Campos Mtz.		
Aprobado 30 - 01 - 26	MDI. Fernando Iturbide Jmz.		
Unidades: mm	ESCALA:1:2	Núm. de Dibujo: 10	HOJA 10 DE 14

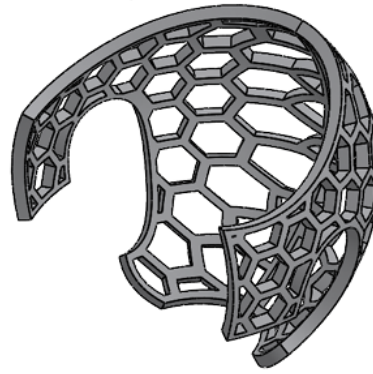
~ 156 ~



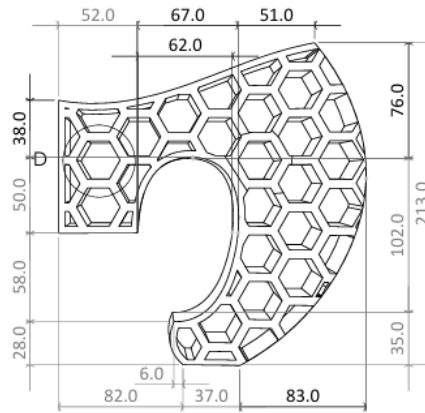
VISTA SUPERIOR



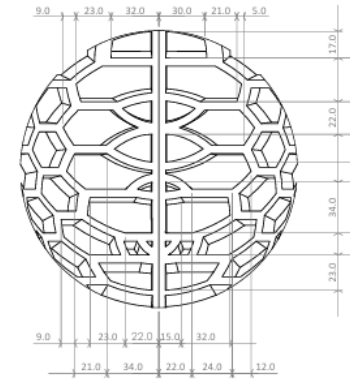
VISTA FRONTAL



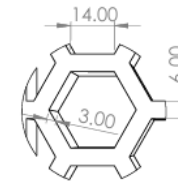
ISOMÉTRICO



VISTA LATERAL



DETALLE B
ESCALA 2:1



DETALLE D
ESCALA 1:1

Historial de revisión

Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.

Nombre del dibujo:
Protector "NALA" M - P3

Nombre de la pieza:
Carcasa externa

Universidad Tecnológica
de la Mixteca

Dibujado 30 - 01 - 26 C. María Paula Campos Mtz.
Aprobado 30 - 01 - 26 MDI. Fernando Iturbide Jmz.

ISO E

Unidades: mm

ESCALA:1:2

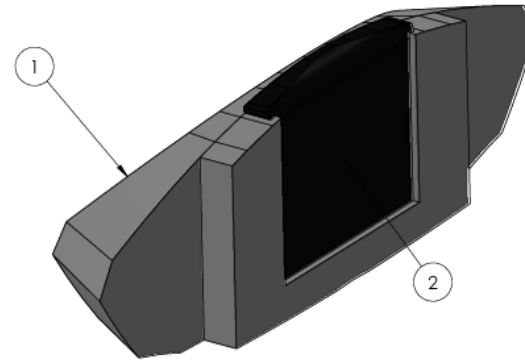
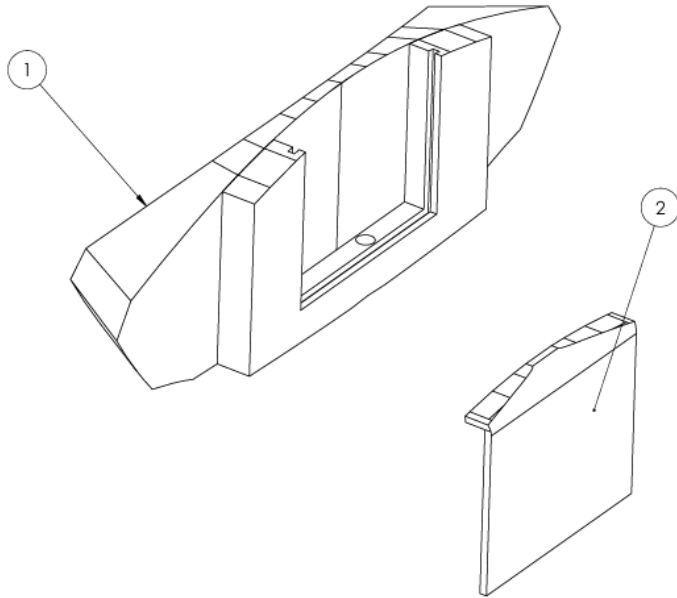
Núm. de Dibujo: 11

HOJA 11 DE 14



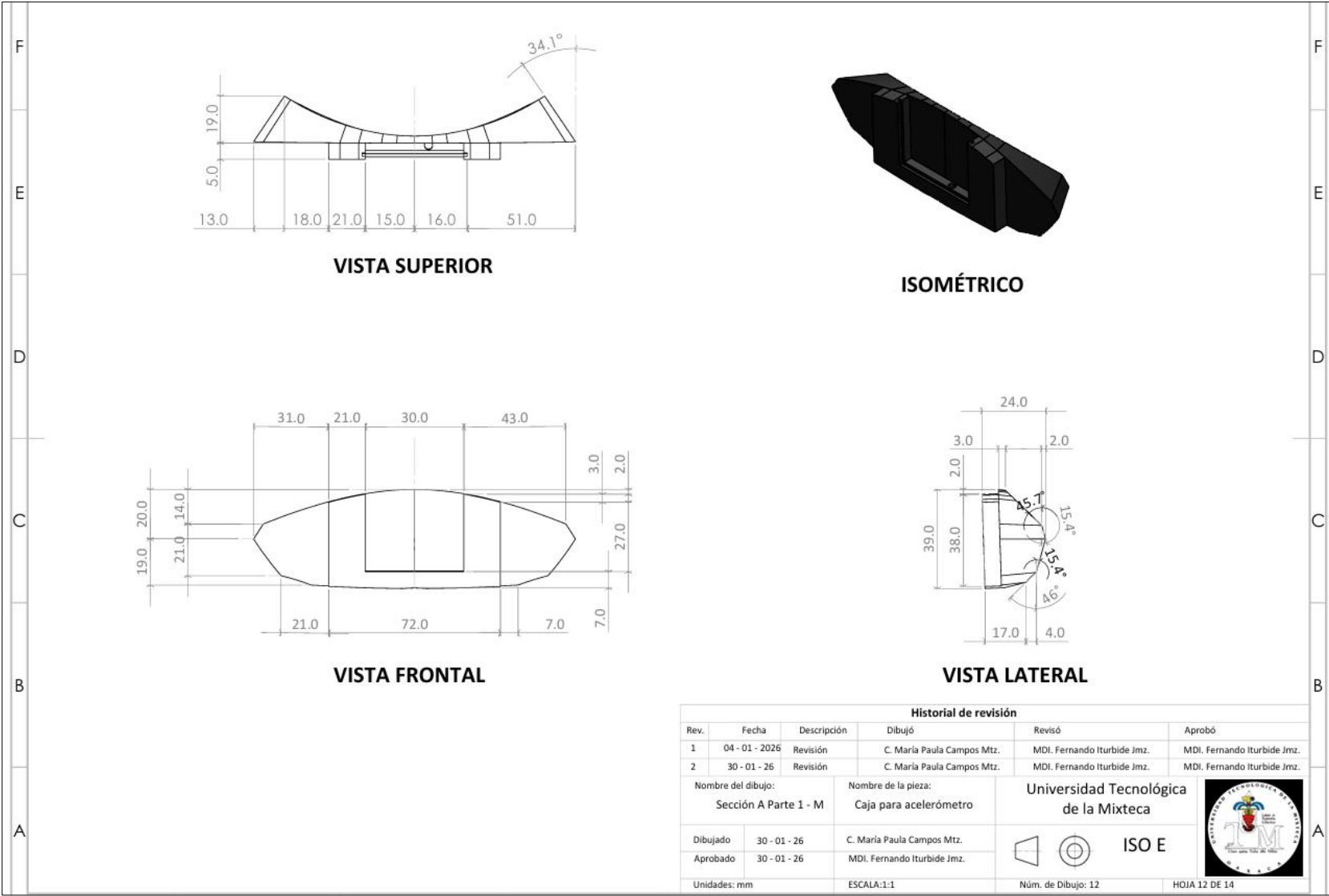
~ 157 ~

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Base	Nylon 66	1
2	Tapadera	Nylon 66	1



Historial de revisión					
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
Nombre del dibujo:		Nombre de la pieza:		Universidad Tecnológica de la Mixteca	
Explosivo Sección A		Ensamble total			
Dibujado	30 - 01 - 26	C. María Paula Campos Mtz.			ISO E
Aprobado	30 - 01 - 26	MDI. Fernando Iturbide Jmz.			
Unidades: mm		ESCALA:1:1		Núm. de Dibujo: 6	HOJA 6 DE 9

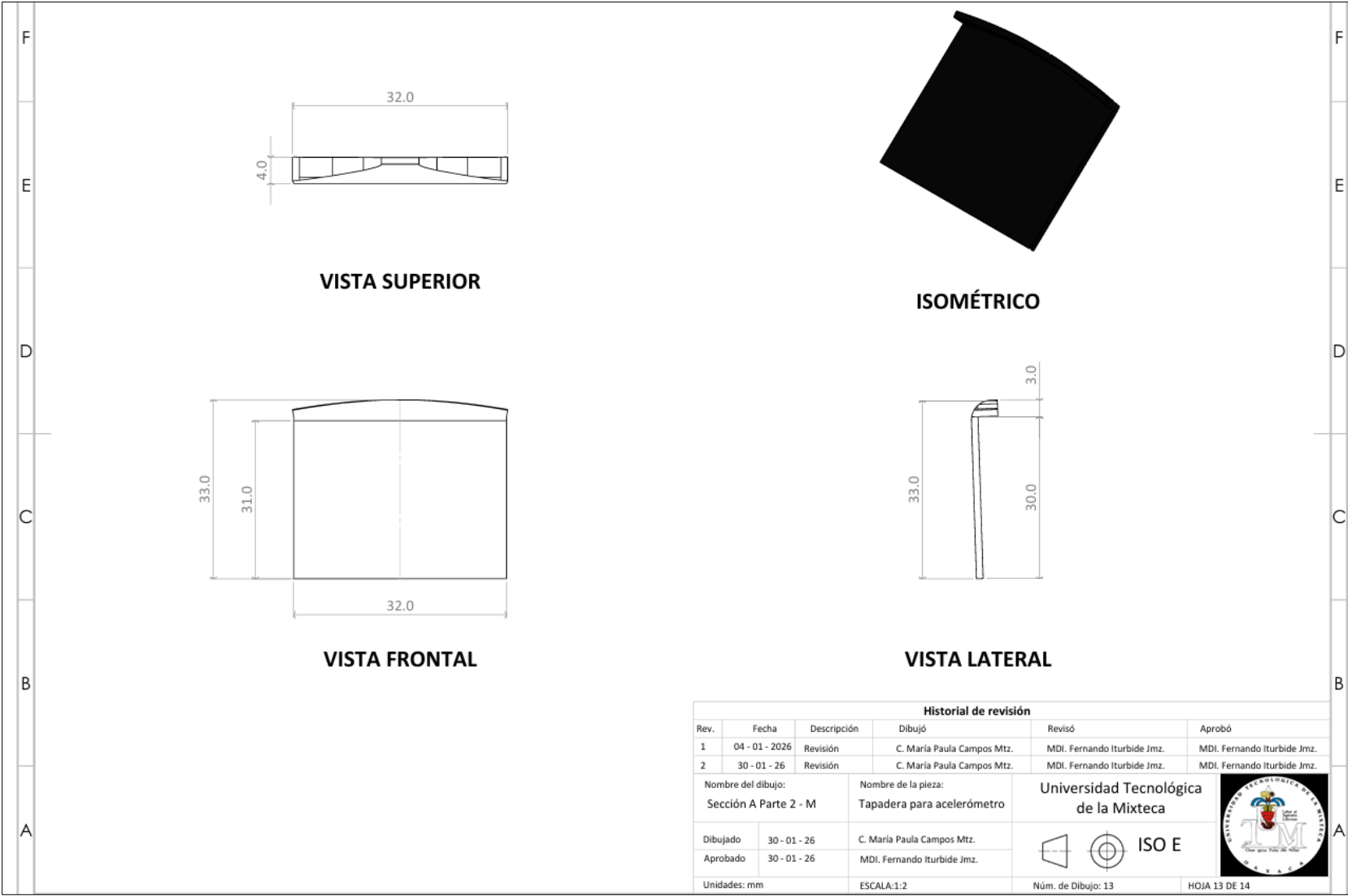
~ 158 ~



F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

~ 159 ~



VISTA SUPERIOR

ISOMÉTRICO

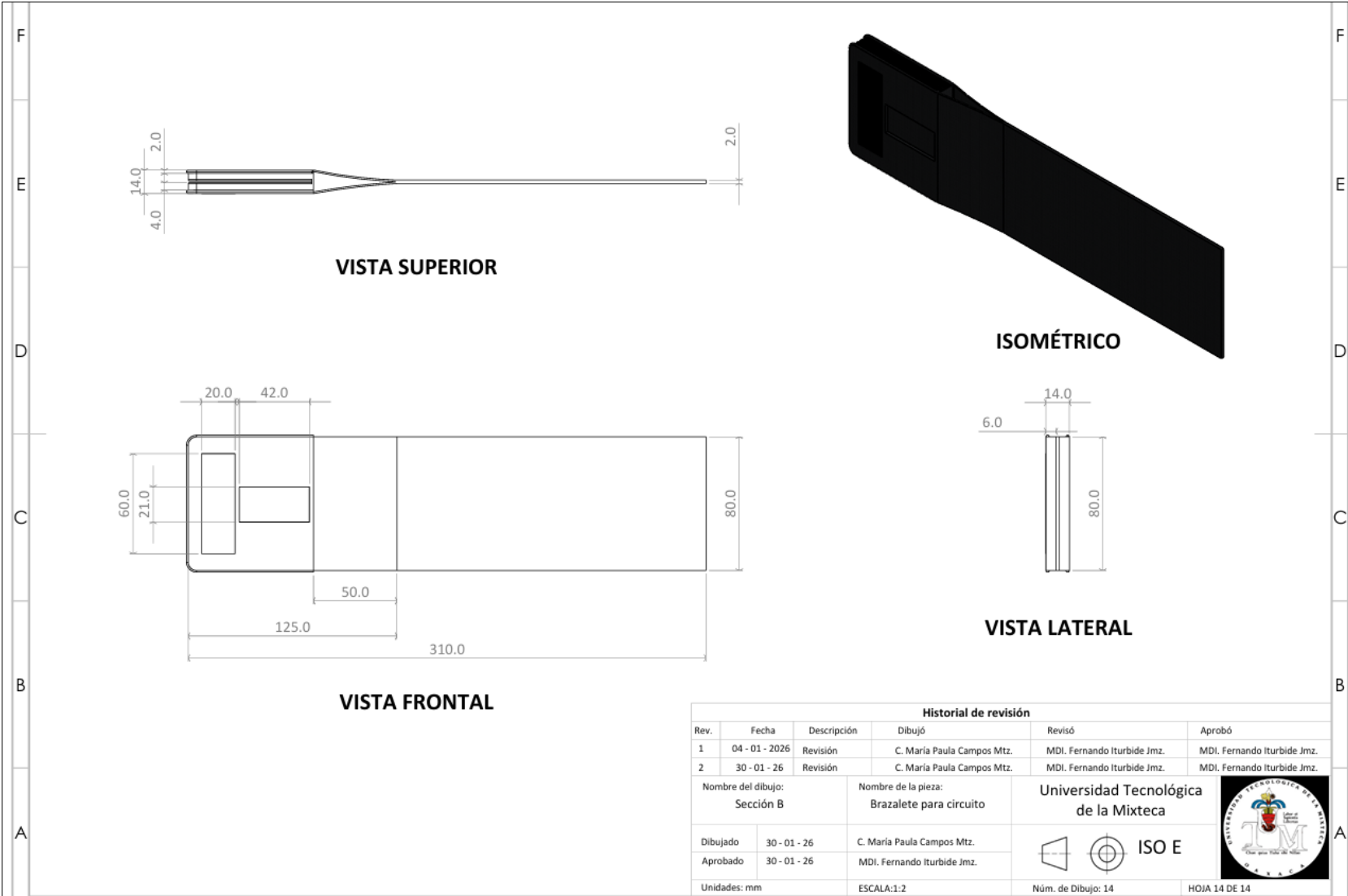
VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

Historial de revisión					
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
Nombre del dibujo: Sección A Parte 2 - M			Nombre de la pieza: Tapadera para acelerómetro		Universidad Tecnológica de la Mixteca 
Dibujado	30 - 01 - 26	C. María Paula Campos Mtz.			
Aprobado	30 - 01 - 26	MDI. Fernando Iturbide Jmz.			
Unidades: mm			ESCALA:1:2	Núm. de Dibujo: 13	

ISO E

~ 160 ~



Historial de revisión					
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujó	Revisó	Aprobó
1	04 - 01 - 2026	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
2	30 - 01 - 26	Revisión	C. María Paula Campos Mtz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.	MDI. Fernando Iturbide Jmz.
Nombre del dibujo: Sección B			Nombre de la pieza: Brazaletes para circuito		Universidad Tecnológica de la Mixteca 
Dibujado	30 - 01 - 26	C. María Paula Campos Mtz.			
Aprobado	30 - 01 - 26	MDI. Fernando Iturbide Jmz.			
Unidades: mm			ESCALA: 1:2	Núm. de Dibujo: 14	HOJA 14 DE 14