



SISTEMA PARA DISMINUIR LESIONES CERVICALES EN ACCIDENTES DE
VEHÍCULOS MOTORIZADOS BIPLAZA; DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
PROTOTIPO; PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, GRUPO BIÓNICA.

JACK RUEDA GIL

SYLVIA PAOLA JAIMES MENDOZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FÍSICO – MECÁNICAS

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

2009



SISTEMA PARA DISMINUIR LESIONES CERVICALES EN ACCIDENTES DE
VEHÍCULOS MOTORIZADOS BIPLAZA; DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
PROTOTIPO; PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, GRUPO BIÓNICA.

JACK RUEDA GIL

SYLVIA PAOLA JAIMES MENDOZA

Proyecto de Grado para optar al Título de
Diseñadores Industriales

Director

Miguel Enrique Higuera Marín

Diseñador Industrial

Codirector

Eduardo Guevara Melo

Diseñador Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FÍSICO – MECÁNICAS

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

2009

Dedico este proyecto a mi papá por su inteligencia aportada y su incondicional apoyo, a mi mamá por su innegable positivismo ante cualquier circunstancia, a mi hermano por sus aportes y colaboración, al Laboratorio Diesel del Oriente por permitimos el uso de sus instalaciones para muchas partes del proyecto, a mi novia por su compañía y apoyo, a mi compañera de proyecto de grado por su perfeccionismo en todos los detalles, a mis directores de proyecto por sus aportes y correcciones en momentos cruciales, a la Universidad Industrial de Santander por creer en este proyecto y apoyarlo, a mis amigos por sus críticas constructivas y colaboración y a la comunidad Bumanguesa por sus aportes e interés demostrado en éste proyecto.

JACK RUEDA GIL

Esta dedicada a mi mamá y a mi nona, quienes agradezco de todo corazón por su comprensión y cariño, a mi papá a quien tengo en mi recuerdo y mi corazón siendo el motor de mi éxito, a mis hermanos por brindarme risas y tranquilidad, a mi familia por su compañía y paciencia, a mi compañero de proyecto Jack, por su practicidad y agilidad, a la familia Rueda Gil por su ayuda y positivismo, a los amigos por su apoyo incondicional y lealtad, a mis maestros por su disposición y ayuda brindadas, a la Universidad Industrial de Santander por creer en el proyecto, y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este proyecto, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

SYLVIA PAOLA JAIMES MENDOZA

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	2
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO	2
1.2. RESPONSABLE DEL PROYECTO	2
1.3. ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO.....	2
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.5.1. PERFIL DEL USUARIO.....	5
1.6. OBJETIVOS.....	5
1.6.1. Objetivo general	5
1.6.2. Objetivos específicos.....	5
2. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1. ESTUDIO DE MERCADO.....	6
2.1.1. Análisis tipológico de soluciones existentes	6
2.1.1.1. Casco con Airbag	6
2.1.1.2. Chaqueta Airbag	8
2.1.1.3. KTM Neck Brace Moto GPX.....	9
2.1.1.4. Collares HANS	10
2.1.1.5. Youth Shoulder Pad	11
2.1.1.6. Vinyl-Dipped Collar.....	12
2.1.1.7. Douglas Neck Roll.....	13
2.1.1.8. Dainese neck 4.....	14

2.1.1.9. EVS RC Evolution	15
2.1.2. Movimientos vs. Protecciones	16
2.1.3. Análisis de Competencia directa	18
2.1.3.1. Casco con airbag	18
2.1.3.2. Chaqueta airbag.....	20
2.2. ESTUDIO DE TENDENCIAS CON BASE EN EL USUARIO	21
2.2.1. Encuesta.....	22
2.2.2. Resultados.....	23
2.3. SISTEMAS DE PROTECCIÓN REGISTRADOS	28
2.3.1. Cabezal transportable y adaptable a todo tipo de asientos personales	28
2.3.2. Protector integral de la columna vertebral	28
2.3.3. Cabezal transportable y adaptable a todo tipo de asientos personales	29
2.3.4. Sistema acorazado cervical anterior.....	30
2.3.5. Almohada cervical para protección de las vértebras cervicales	31
2.3.6. Sistema de protección cervical	31
2.3.7. Dispositivo para la protección de la espina cervical	32
2.3.8. Dispositivo de combinación de casco y protección corporal.....	33
2.3.9. Bolsa expandible para protección corporal empleando componentes removibles - reemplazables	33
2.3.10. Sistema de protección para cabeza y cuello	34
2.3.11. Casco y arnés de montaje para proporcionar protección de columna cervical.....	34
2.3.12. Casco que provee protección de la espina cervical.....	35
2.3.13. Casco para proteger la espina cervical contra fuerzas de impacto ...	36

2.3.14. Resistencia inflable.....	36
2.3.15. Dispositivo de protección de espina y cuello	37
2.3.16. Casco que descansa en los hombros.....	37
2.3.17. Simultáneo enderezador, protector y rehabilitador de cuello.....	38
2.3.18. Casco abrazadera de deportes para protección de la espina cervical.....	39
3. FASE ANALÍTICA	40
3.1. INFORMACIÓN TÉCNICA.....	40
3.1.1. Análisis mecánico.....	40
3.1.2. Medidas antropométricas relevantes.....	53
3.2. INFORMACIÓN LEGAL.....	58
3.2.1. Velocidad máxima para motocicletas	58
3.2.2. Estadísticas medicina legal	58
3.3. DETERMINACIÓN DE FUERZA DE IMPACTO	63
3.4.COMPORTAMIENTO DEL USUARIO	70
3.5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS (QFD)	75
3.5.1. Test S.C.A.M.A.E.I.....	75
3.5.2. Matriz de relaciones (QFD).....	78
3.6. RECOPIACIÓN.....	79
3.7. REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS.....	80
4. FASE CREATIVA.....	81
4.1. ANÁLISIS BIÓNICO.....	81
4.1.1. Armadillium opacum “Cochinilla”	81
4.1.1.1. Análisis	81

4.1.1.2. Imágenes Armadillium opacum “cochinilla”	85
4.1.2. Glomeris Marginata “milpiés píldora”	87
4.1.2.1. Análisis	87
4.1.2.2. Imágenes Glomeris Marginata “milpiés píldora”	89
4.1.3. Análisis formal	92
4.1.4. Abstracción.....	96
4.2. BOCETOS	97
4.2.1. Selección de alternativas.....	103
4.3. MODELOS.....	105
4.3.1. Alternativa 1.....	105
4.3.1. Alternativa 2.....	105
4.3.1. Alternativa 3.....	106
4.4. ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE MATERIAL	106
4.5. CAD/CAE.....	109
4.5.1. Evaluación Alternativa 1	110
4.5.1.1. Deformación Alternativa 1	110
4.5.1.2. Factor de seguridad Alternativa 1.....	111
4.5.2. Evaluación Alternativa 2	112
4.5.2.1. Deformación Alternativa 2	112
4.5.2.2. Factor de seguridad Alternativa 2.....	113
4.5.3. Evaluación Alternativa 3	114
4.5.3.1. Deformación Alternativa 3	114
4.1.2.2. Factor de seguridad Alternativa 3.....	116
4.4.4. Cuadro comparativo	116

4.6. CONCLUSIÓN Y REDISEÑO DE PROPUESTAS	117
4.6.3. Alternativa 1	117
4.6.3. Alternativa 2.....	118
4.6.3. Alternativa 3.....	118
4.7. MODELO Y EVALUACIÓN DE NUEVAS PROPUESTAS.....	119
4.7.1. Alternativa 4 (resultado del rediseño de la alternativa 3)	119
4.7.1.1. Modelo.....	119
4.7.1.2. Deformación Alternativa 4	120
4.7.1.3. Factor de seguridad Alternativa 4.....	121
4.7.2. Alternativa 5 (resultado del rediseño de la alternativa 2).....	121
4.7.2.1. Modelo.....	121
4.7.2.2. Deformación Alternativa 5	122
4.7.2.3. Factor de seguridad Alternativa 5.....	123
4.8. SELECCIÓN	124
5. FASE DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	125
5.1. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE).....	125
5.1.1. Desarrollo de máquina de pruebas.....	125
5.1.2. Desarrollo de muñeco de pruebas.....	126
5.1.3. Desarrollo de modelos.....	128
5.1.3.1. Alternativa 4	128
5.1.3.2. Alternativa 5	131
5.1.4. Desarrollo de pruebas de impacto	132
5.1.4.1. Impacto frontal alternativa 4	134
5.1.4.2. Impacto lateral alternativa 4	136

5.1.4.3. Impacto frontal alternativa 5	137
5.1.5. Análisis y conclusión de la absorción de energía de la alternativa 4 en el impacto.....	139
4.7.2.3. Factor de seguridad Alternativa 5.....	123
5.2. EVALUACIÓN HEURÍSTICA	142
5.3. GUÍAS DE COMPROBACIÓN Y CUESTIONARIO DE USABILIDAD	145
5.4. PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO CONJUNTO Y PANEL DE USUARIOS	154
5.5. RECOPIACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS	156
6. FASE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	157
6.1. DESARROLLO DE PROTOTIPO	157
6.2. PRUEBA TÉCNICA	158
6.3. PRUEBA ERGONÓMICA	159
6.4. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS	162
6.5. PROTOTIPO FINAL DE DISEÑO	163
7. FASE DE COMUNICACIÓN	168
7.1. DESARROLLO DE PROTOTIPO	168
7.2. MAUAL DE USO	170
7.3. ANÁLISIS DE MERCADO	172
7.3.1. Línea de procesos	172
7.3.2. Desarrollo de pruebas de impacto	173
8. CONCLUSIONES	174
9. BIBLIOGRAFÍA	176
ANEXOS.....	181

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de uso del casco con airbag, desmontaje de almohadillas.....	18
Figura 2. Correcta posición del casco Airbag.....	18
Figura 3. Fijación de la centralita electrónica APS.....	19
Figura 4. APS funcionando	19
Figura 5. Chaqueta airbag	20
Figura 6. Diagrama cabezal transportable.....	28
Figura 7. Diagrama protector integral de la columna vertebral.....	29
Figura 8. Diagrama despiece sistema airbag.....	29
Figura 9. Diagrama despliegue sistema airbag.....	30
Figura 10. Diagrama sistema acorazado cervical anterior	30
Figura 11. Diagrama almohada cervical.....	31
Figura 12. Diagrama de sistema de protección cervical	32
Figura 13. Diagrama de dispositivo para la protección de la espina cervical.....	32
Figura 14. Diagrama de dispositivo de combinación de casco y protección corporal y cervical.....	33
Figura 15. Diagrama bolsa expandible para protección corporal	33
Figura 16. Diagrama de sistema de protección para cabeza y cuello.....	34
Figura 17. Diagrama casco y arnés de montaje para protección cervical	35
Figura 18. Diagrama de casco que provee protección de la espina cervical	35
Figura 19. Diagrama de casco para proteger la espina cervical	36
Figura 20. Diagrama de resistencia inflable	36
Figura 21. Diagrama de dispositivo de protección de espina y cuello.....	37

Figura 22. Diagrama de casco que descansa en los hombros	38
Figura 23. Diagrama de enderezador, protector y rehabilitador de cuello.....	39
Figura 24. Diagrama de casco abrazadera	39
Figura 25. Atlas.....	40
Figura 26. Axis	41
Figura 27. Unidad funcional cervical	41
Figura 28. Soporte ligamentoso	42
Figura 29. Ligamento cruciforme	42
Figura 30. Ligamentos Atlanto-Axoideos	43
Figura 31. Ligamento nucal.....	43
Figura 32. Rotación C2 respecto de C3.....	44
Figura 33. Movimiento rotacional atlas	44
Figura 34. Movimiento occipilatorio.....	45
Figura 35. Movimientos de la columna cervical	45
Figura 36. Flexión de la columna cervical	46
Figura 37. Ángulo rotacional de la lordosis cervical	46
Figura 38. Lordosis cervical a nivel individual	47
Figura 39. Movimiento del agujero de conjunción en la flexión extensión	48
Figura 40. Limitaciones mecánicas del segmento cervical inferior	48
Figura 41. Movimiento global de la columna cervical.....	49
Figura 42. Rotación y flexión lateral de la columna cervical	50
Figura 43. Musculatura cervical	50
Figura 44. Soporte de cargas.....	51
Figura 45. Soporte del peso de una vértebra cervical típica	52

Figura 46. Dibujo relacionado con la tabla de medidas cabeza	53
Figura 47. Ángulos de inclinación cervical	54
Figura 48. Amplitud movimiento de cabeza en el plano vertical	54
Figura 49. Amplitud ojo en el plano vertical	55
Figura 50. Movimiento de la cabeza en el plano vertical	56
Figura 51. Movimiento rotacional de la cabeza.....	56
Figura 52. Ángulos de visión en el plano transversal.....	57
Figura 53. Muertos y lesionados en accidente de tránsito según condición de la víctima. Colombia 2007.....	61
Figura 54. Muertos y lesionados en accidentes de tránsito según tipografía de las lesiones.....	62
Figura 55. Diagrama de impacto.....	63
Figura 56. Máquina de pruebas del “Experimental Impact Injury to the Cervical Spine: Relating Motion of the Head and the Mechanism of Injury”	64
Figura 57. Cuadro de imágenes del impacto	65
Figura 58. Deformaciones cervicales en el impacto.....	67
Figura 59. Porcentajes de daños después de los impactos	69
Figura 60. Vista dorsal de un isópodo.....	83
Figura 61. Vista ventral de un isópodo.....	84
Figura 62. Clasificación por suborden Oniscidea	84
Figura 63. Vista dorsal, lateral y ventral de la Glomeris Marginata	89
Figura 64. Abstracción biónica de la Glomeris marginata y el Armadillidium	96
Figura 65. Boceto 1.....	97
Figura 66. Boceto 2.....	98
Figura 67. Boceto 3.....	99

Figura 68. Boceto 4.....	99
Figura 69. Boceto 5.....	100
Figura 70. Boceto 6.....	101
Figura 71. Boceto 7.....	102
Figura 72. Boceto 8.....	102
Figura 73. Boceto 9.....	103
Figura 74. Alternativa 1	105
Figura 75. Alternativa 2.....	105
Figura 76. Alternativa 3.....	106
Figura 77. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 1 evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	110
Figura 78. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 1 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	111
Figura 79. Medidas por colores de la escala del factor de seguridad de la alternativa 1 evaluada en Ansys Workbench 8.0	111
Figura 80. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 1 sometida a 1200 N en Ansys Workbench 8.0.....	112
Figura 81. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 2 evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	113
Figura 82. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 2 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	113
Figura 83. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 2 sometida a 1200 N en Ansys Workbench 8.0.....	114
Figura 84. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 3 evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	115
Figura 85. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 3 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	115

Figura 86. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 3 sometida a 1200 N en Ansys Workbench 8.0.....	116
Figura 87. Vista isométrica y lateral de la Alternativa 4	119
Figura 88. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 4 evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	120
Figura 89. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 4 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	120
Figura 90. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 4 sometida a 3080 N en Ansys Workbench 8.0.....	121
Figura 91. Vista isométrica de la Alternativa 5	121
Figura 92. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 5 evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	122
Figura 93. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 5 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.....	122
Figura 94. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 5 sometida a 3080 N en Ansys Workbench 8.0.....	123
Figura 95. Sistema de péndulo modelado usando Solid Edge V20	125
Figura 96. Ángulos de referencia para la flexión del cuello.....	148
Figura 97. PVC final y renderizado del producto.....	164
Figura 98. Logo de la protección cervical.....	168
Figura 99. Proporción de la tipografía para el logo	169
Figura 100. Geometrización de la cochinilla enrollada.....	169
Figura 101. Propuestas de color para el logo	170
Figura 102. Manual del usuario.....	171
Figura 103. Diagrama de proceso de producción	172

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Casco con airbag	7
Ilustración 2. Chaqueta airbag	8
Ilustración 3. KTM Neck Brace™ MOTO GPX.....	9
Ilustración 4. Collares HANS.....	10
Ilustración 5. Bike youth shoulder pad extension with restrictor.....	11
Ilustración 6. Vinyl-Dipped Collar.....	12
Ilustración 7. Douglas neck roll	13
Ilustración 8. Dainese neck 4	14
Ilustración 9. EVS RC Evolution.....	15
Ilustración 10. Secuencia de activación chaqueta airbag.....	20
Ilustración 11. Columna cervical	40
Ilustración 12. Radiografías después de las pruebas de impacto.....	66
Ilustración 13. Cochinilla regresando a su posición original.....	82
Ilustración 14. Macrofotografías de la cochinilla en cuerpo completo y sus extremidades	85
Ilustración 15. Macrofotografías de la cochinilla en posición defensiva	85
Ilustración 16. Macrofotografías de la cochinilla en su hábitat natural	86
Ilustración 17. Macrofotografías de la cochinilla enrollada.....	86
Ilustración 18. Macrofotografías de cochinillas	87
Ilustración 19. Milpiés, Glomeris marginata	88
Ilustración 20. Glomeris marginata enrollada.....	89
Ilustración 21. Glomeris marginata en su hábitat natural	90

Ilustración 22. Armadillium vs Glomeris marginata	91
Ilustración 23. Glomeris marginata enrollada.....	92
Ilustración 24. Proporciones Glomeris Marginata enrollada.....	92
Ilustración 25. Armadillidium enrollada	92
Ilustración 26. Proporciones Armadillidium enrollada	92
Ilustración 27. Proporciones ventrales de la Glomeris Marginata extendida.....	93
Ilustración 28. Proporciones ventrales del Armadillidium vulgare extendida.....	94
Ilustración 29. Desarrollo del muñeco de pruebas	126
Ilustración 30. Probeta de gel de moldeo con interior de poliestireno expandido	127
Ilustración 31. Preparación e inserción del gel de moldeo	127
Ilustración 32. Desarrollo de prueba de compresión hidráulica.....	128
Ilustración 33. Medidor prensa hidráulica.....	128
Ilustración 34. Prueba del módulo en la máquina de ensayo por impacto	129
Ilustración 35. Medición de resistencia de prueba de impacto	129
Ilustración 36. Proceso de transformación del material	130
Ilustración 37. Transformación del material alternativa 5	131
Ilustración 38. Disposición del muñeco de pruebas con la alternativa 4 puesta ..	132
Ilustración 39. Secuencia de imágenes impacto frontal alternativa 4.....	134
Ilustración 40. Lectura de ángulo de inclinación respecto de la escala posterior .	134
Ilustración 41. Revisión visual del gel balístico y su consistencia	135
Ilustración 42. Prep. muñeco de pruebas para impacto lateral alternativa 4.....	136
Ilustración 43. Secuencia de imágenes impacto lateral alternativa 4.....	136
Ilustración 44. Ángulo inclinación impacto lateral.....	137
Ilustración 45. Prep. muñeco de pruebas para impacto frontal alternativa 5.....	137

Ilustración 46. Secuencia de imágenes impacto frontal alternativa 5.....	138
Ilustración 47. Fractura generada impacto frontal en prueba de alternativa 5	138
Ilustración 48. Análisis del ángulo de desplazamiento prueba de impacto alternativa 5	140
Ilustración 49. Análisis del ángulo de desplazamiento prueba de impacto alternativa 4	141
Ilustración 50. Modelo alternativa 4	142
Ilustración 51. Salida usuario con protección cervical.....	142
Ilustración 52. Llegada usuario con protección cervical.....	143
Ilustración 53. Explicación y comentarios sobre la experiencia	143
Ilustración 54. Fotos de usuarios voluntarios para realizar la encuesta.....	149
Ilustración 55. Grupo de usuarios interactuando con la protección.....	154
Ilustración 56. Proceso de transformación óptimo	157
Ilustración 57. Moldes para costura	158
Ilustración 58. Estructura final PVC	163
Ilustración 59. Armado de la protección.....	165
Ilustración 60. Producto final vista posterior.....	166
Ilustración 61. Producto final vista lateral.....	167

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de seguridad de protecciones que se encuentran en el mercado	17
Tabla 2. Cascos que se usan.....	23
Tabla 3. Aspectos que influyen en la compra de un casco nuevo.	23
Tabla 4. Utilización de la correa de sujeción.....	24
Tabla 5. Tipos de protección además del casco.	24
Tabla 6. El casco le brinda seguridad total	25
Tabla 7. Partes en las que no brinda seguridad.....	25
Tabla 8. Aspectos cómodos del casco.....	26
Tabla 9. Aspectos incómodos del casco.....	26
Tabla 10. Medidas cabeza, P5-P95	53
Tabla 11. Medidas cuello	53
Tabla 12. Límites de movimiento	57
Tabla 13. Resultados de impacto soportados por la cabeza y la primera vértebra, relación fuerza-tiempo	66
Tabla 14. Desplazamiento de vértebras durante el impacto	67
Tabla 15. Porcentaje de daño vs la velocidad del impacto	68
Tabla 16. Matriz de relaciones (QFD)	78
Tabla 17. Elaboración cualitativa de las alternativas	104
Tabla 18. Comparación de materiales para selección	107
Tabla 19. Cuadro comparativo de deformación (mm) y masa (kg) de las alternativas 1, 2 y 3.....	116
Tabla 20. Fuerza G obtenida durante el impacto	135



Tabla 21. Calificación del contacto del material con el cuello	150
Tabla 22. Calificación del peso de la protección	150
Tabla 23. Calificación del tamaño de la protección	151
Tabla 24. Calificación de la libertad de movimiento	151
Tabla 25. Calificación del ajuste de la protección al cuello	152
Tabla 26. Calificación del mecanismo para abrochar el producto	152
Tabla 27. Calificación de la portabilidad	153
Tabla 28. Precio estimado	153
Tabla 29. Costo de producción por unidad	173



RESUMEN

TITULO: SISTEMA PARA DISMINUIR LESIONES CERVICALES EN ACCIDENTES DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS BIPLAZA; DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO; PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, GRUPO BIÓNICA.*

AUTOR: Jack Rueda Gil y Sylvia Paola Jaimes Mendoza. **

PALABRAS CLAVES: Cervical, Motociclista, Protección, Glomeris, Diseño, Biónica, Estructura, Accidente.

DESCRIPCIÓN.

Teniendo en cuenta que la creciente población de motociclistas es proporcional al índice de accidentalidad por parte de los mismos, y siendo ellos quienes presentaron un mayor porcentaje de muertos y lesionados durante el año 2007 en Colombia; se propone diseñar una serie de protecciones que se distribuye en 4 proyectos diferentes: Protección para la zona torácica, protección para la zona cervical, protección para el motociclista partiendo desde la motocicleta y la campaña de concientización de los 3 proyectos anteriores.

Éste proyecto hace énfasis al diseño de un sistema que permita reducir las lesiones en la zona cervical basándose en la estructura externa de la *glomeris marginata*. Por medio de una metodología de abstracción de la biónica se logró analizar al insecto y proponer alternativas de desarrollo con base en su mecanismo de defensa. Para esto se tuvo en cuenta el usuario y sus necesidades durante la conducción.

La estructura fue propuesta en PVC (policloruro de vinilo) luego de un estudio de los materiales que se encontraban en el mercado del sector y fue estudiada respecto a la resistencia al impacto desde diferentes puntos para comprobar la fiabilidad del mismo. Posteriormente se evaluó con usuarios reales y finalmente se propuso una alternativa final que cumplía con los objetivos del proyecto, además de plantear su proceso de producción a un bajo costo.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial. Director: DI. Miguel Enrique Higuera Marín. Codirector: DI. Eduardo Serafín Guevara Melo.



ABSTRACT

TITLE: SYSTEM TO REDUCE INJURIES IN CERVICAL SPINE DURING ACCIDENTS OF MOTORCYCLE VEHICLES, DESIGN AND CONSTRUCTION OF PROTOTYPE, BIONIC GROUP.*

AUTHOR: Jack Rueda Gil & Sylvia Paola Jaimes Mendoza. **

KEYWORDS: Cervical, Rider, Protection, Glomeris, Design, Bionic, Structure, Accident.

DESCRIPTION.

According that the growing population of motorcyclists is proportional to the rate of accidents by themselves, and being the ones who had a higher percentage of deaths and injured during 2007 in Colombia, it is proposed to design a series of protections that they are distributed in 4 different projects: thoracic protection, cervical spine protection, rider protection from motorcycle structure alteration and the awareness campaign of the 3 previous projects.

This project emphasizes the design of a system to reduce cervical spine injuries based on external structure of *Glomeris marginata*. Using a methodology of bionic's abstraction of this insect, we were able to analyze and propose alternative development based on his defense mechanism. Taking into account the user and their needs during driving, we develop the alternatives.

Structure was proposed in PVC (Polyvinyl chloride) after a study of materials that were available in the market sector and was studied regarding the impact resistance from different points to check the reliability. Subsequently, it was evaluated with real users and eventually proposed an alternative that accomplish final project objectives, beyond raising a cheaper massive production.

*Undergraduate Proyect

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: ID. Miguel Enrique Higuera Marin. Co-Director: ID. Eduardo Serafin Guevara Melo.

INTRODUCCIÓN

La creciente población de usuarios de motocicletas en la ciudad de Bucaramanga (Santander, Colombia), como los bajos precios y las facilidades de crédito para la compra de éste tipo de vehículos se ve reflejada en forma proporcional con la cifra de aumento de accidentes de tránsito. Se suma a esto las estadísticas del año 2007 ofrecidas por el instituto de Medicina Legal en las cuales los motociclistas ocupan la mayoría de lesionados y muertos; además existe una cifra mayor al 40% de lesiones tipo poli-traumas generados por la colisión.

Desde el punto de vista cultural se pueden atribuir estos datos a la imprudencia de los conductores, tanto de automotores como de motocicletas en lo que respecta a la obediencia de las señales y normas de tránsito y respeto a la vida propia y de los demás. Sin embargo, las posibles distracciones de los conductores, la impericia en el manejo y los factores climáticos pueden ser causantes de algunos de estos casos.

Es por esto que se propuso diseñar un sistema para disminuir lesiones cervicales en usuarios de motocicletas, quienes son los más expuestos en el momento de un accidente, teniendo en cuenta que muchos de ellos tienen éste medio de transporte como fuente de ingresos. Además la protección en esta zona se hace necesaria pues el uso del casco protege únicamente la cabeza, aumentándole peso a la inercia generada por la aceleración del impacto puede conllevar a una fractura cervical que en su mayoría son mortales.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

Sistema para disminuir lesiones cervicales en accidentes de vehículos motorizados biplaza; Diseño y construcción de prototipo; Proyecto de investigación; Grupo Biónica.

1.2. RESPONSABLE DEL PROYECTO

Las personas responsables del desarrollo del proyecto son los estudiantes del programa de Diseño Industrial: Jack Rueda Gil y Sylvia Paola Jaimes Mendoza, bajo la dirección del Diseñador Industrial Miguel Enrique Higuera Marín y la codirección del Diseñador Industrial Eduardo Guevara Melo.

1.3. ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO

- Universidad Industrial de Santander UIS.
- Escuela de Diseño Industrial.
- Grupo de investigación Biónica.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Fondo de Prevención Vial reveló una alarmante cifra: en Colombia durante los primeros siete meses del año 2008, 1.033 personas han muerto y 10.047 han quedado heridas en accidentes de tránsito en los que se han visto involucradas motocicletas. Las estadísticas demuestran que los motociclistas ocupan el segundo lugar en mortalidad y morbilidad en los accidentes de tránsito. Mientras

los demás actores viales han reducido estas cifras, no ocurre lo mismo con ellos. Durante los primeros siete meses de este año (enero- julio) 1.033 personas en accidentes de tránsito están relacionados con motos, es decir, el 41%. De estos 620 eran motociclistas, 183 pasajeros de motos, 201 peatones y 27 ciclistas. Esto significa que en un 16.3% han aumentado los muertos de motociclistas.

Al comparar el mismo periodo (enero-julio) del 2005 con el 2006, se evidenció un aumento del 9.43% en el número de muertos en accidentes con motos al pasar de 944 a 1.033 y del 4.3% en el de heridos al pasar de 9.633 a 10.047. De acuerdo con los reportes, el 89% de los motociclistas muertos en accidentes de tránsito no llevaban el casco en el momento del siniestro y el 80.3% de los que resultaron heridos tampoco portaban este elemento vital de seguridad. Al analizar los tipos de lesiones que más afectan a las personas tras un accidente en moto, el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses encontró que durante el 2007 el 52% de las víctimas sufren lesiones de tipo poli-trauma, el 35% trauma de cráneo, el 4% trauma de tórax y un 9% restante sufren traumas de abdomen, cuello, facial, miembros y área pélvica.

Por otro lado, es tal el auge que han alcanzado los vehículos motorizados biplaza en los últimos cinco años, que su parque automotor creció en un 59%, pues mientras en el año 2000 circulaban en Colombia 1'123.764 motos, en el 2005 la cifra aumentó a 1'787.947. Mientras que en el 2003 se vendieron en Colombia 89.000 unidades, en el 2004 se pasó a 150.943 y en el 2007 la cifra llegó a 248.741, lo que demuestra un crecimiento del 64.8% en el último año.

A la problemática de los motociclistas en el país se suma de manera negativa el mal estado de la red vial, que los llevan a transitar por calles con huecos, alcantarillas destapadas y una carente o inadecuada señalización. También cuenta la intolerancia de los otros conductores que no respetan a los motociclistas y la falta de una reglamentación unificada a nivel nacional lo que permite que cada ciudad de acuerdo a sus características la expida, confundiendo o impidiendo que los conductores cumplan a cabalidad con la ley. Ejemplo de ello es que de 56 municipios colombianos estudiados, se encontró que 38 tienen algún tipo de prohibición para los motociclistas. Entre ellas están: tránsito restringido en horarios

nocturnos para motos de más de 80 c.c., el no desplazamiento con parrillero, restricción para el acompañante hombre, restricción de parrillero por algunas zonas de las ciudades, pico y placa, la no circulación de motos en determinados días de la semana y cambios en la utilización y características del chaleco. Otras localidades exigen el uso de un carné para los acompañantes regulares en las motos.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dentro de los elementos que conocemos de protección para usuarios de VMB, se encuentra la necesidad de diseñar un elemento que pueda reducir el riesgo de lesiones en la zona cervical del usuario. Lo anterior se enfoca en el uso diario del producto, porque todos los accesorios complementarios para la seguridad del mismo no brindan la suficiente protección. Los factores externos que afectan por incomodidades el uso reglamentario de los implementos de seguridad, hacen que el conductor usual utilice estos implementos en forma inadecuada y esto conlleva a lesiones más severas causadas por un mal diseño en los accesorios de seguridad.

Se encuentra un problema claro al ver que todo el peso (cabeza-casco) es soportado en la zona cervical, lo cual hace que un impacto leve pueda llegar a ser mortal, generado por diferentes colisiones del VMB. Esto conocido como el efecto látigo es uno de los mayores problemas respecto del elemento de protección superior para el usuario, por ser una articulación débil y flexible la que se encuentra afectada y no tener un soporte.

Con el fin de disminuir las lesiones en usuarios de VMB se hace relevante la acción de la comunidad por generar éste tipo de productos que la beneficien. Es así como nace la idea de llevar a cabo la realización de este proyecto, pues además de generar conciencia sobre la gravedad de la situación, propondrá un sistema que disminuya la misma, teniendo en cuenta los diferentes aspectos que se puedan relacionar con el uso de la protección cervical.

1.5.1. Perfil del usuario

a. Usuario Directo.

Usuarios de motocicletas cuya fuente de ingresos dependa de éste tipo de vehículo.

b. Usuario Indirecto.

Usuarios de VMB.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño y construcción de un sistema y prototipo funcional para usuarios de vehículos motorizados biplaza orientado a la disminución de lesiones cervicales causadas en accidentes de tránsito.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar cómo se ve afectada la zona cervical de los usuarios de VMB en un accidente.
2. Generar un prototipo que permita disminuir las lesiones que afectan el sector cervical en los usuarios de VMB en un accidente.
3. Socializar los resultados por medio de congresos o publicaciones.

2. MARCO DE REFERENCIA

Los productos relacionados con la protección cervical en usuarios de vehículos motorizados biplaza (VMB) son necesarios debido a las diferentes causas probables de los accidentes, mostrados en informes de accidentalidad en Colombia por el fondo de prevención vial y la dirección de tránsito de Bucaramanga. La necesidad de diseñar este tipo de protección, se complementa con información existente de posibles soluciones, realizando como conclusión los parámetros para el prototipo funcional.

2.1. ESTUDIO DE MERCADO

Se recopiló información acerca de los productos de protección cervical existentes para usuarios de VMB con el fin de comparar los aspectos relevantes que puedan generar parámetros de diseño para lograr un producto que pueda competir en el mercado con respecto a las soluciones actuales.

Se analizaron las soluciones existentes en términos de dimensiones y características que hagan de éste producto una posible competencia para el sistema de protección cervical. Posteriormente se realizó un cuadro comparativo respecto de los movimientos permitidos al usuario por cada protección. Finalmente se analizaron más a fondo los productos que resultaban ser una competencia directa.

2.1.1. Análisis tipológico de soluciones existentes

2.1.1.1. Casco con airbag.

Empresa: Realizado por APC Systems, empresa Catalana, España. Distribuida en tiendas especializadas con equipamiento de seguridad.

Ilustración II. Casco con airbag.



Fuente: APC System, Primer casco con airbag. En: <http://www.apcsystem.com>. Consultado: 2009.

Precio: 829 €.

Peso: 1,85 kg.

Dimensiones: 395 x 280 x 300mm.

Características

Carcasa externa ultraligera de composite de fibras pintada y lacada. Relleno protector multi-densidad, cierre micrométrico. Pantalla 3-D termo formada homologada “mist retardant”. (Anti vaho Certificado ECE/ONU R22.05). Ventilación frontal, superior y lateral, interior en Outlast® y Dry Fast Dry System®, extraíble y lavable, almohadillas laterales, seguro de cierre de pantalla y pre-instalación para sistema de comunicación.

Carcasa pequeña: XS (54), S (55-56), M (57).

Carcasa grande: L (58-59), XL (60-61).

Se ofrece en diferentes colores, formas alargadas texturas opacas y brillantes, presentaciones según el gusto del cliente. Su presentación viene en diferentes tallas, como ayuda se le ofrece al comprador que mida el diámetro de su cabeza en cm., y halle el que le quede mejor.

2.1.1.2. Chaqueta airbag

Ilustración 2. Chaqueta airbag.



Fuente: Impact Jackets, En: <http://www.impactjackets.com/>. Consultado: 2009.

Empresa: Impact Jackets (IPJ).

Precio: 395 US\$.

Peso: 2 a 3 Kg.

Características

Referencias existentes en el mercado y sus características del material.

Cordura: Poly 600D; MESH, Forro resistente al agua y transpirable 3000 m/m MVP 3000g, Protector viento cuello, Cierre Cremallera, Cintura extensible, 1-Interior, 3 Bolsillos frontales, 1 interior o 5 interiores, Mangas y cintura ajustables y extensibles, Convertible en chaleco, Agujero para cascos teléfono, Forro desmontable: 100% Nylon, Protectores hombro y codos homologados CE, Reflectantes 3M, Orificio cascos, Doble conducto frontal y doble trasero de Protección, Airbag Tipo B.

2.1.1.3. KTM Neck Brace Moto GPX

Ilustración 3. KTM Neck Brace™ MOTO GPX.



Fuente: KTM Company, En: <http://www.ktm.com/Neck-Brace-Special.1299.0.html>. Consultado: 2009.

Empresa: KTM Company

Precio: 485€

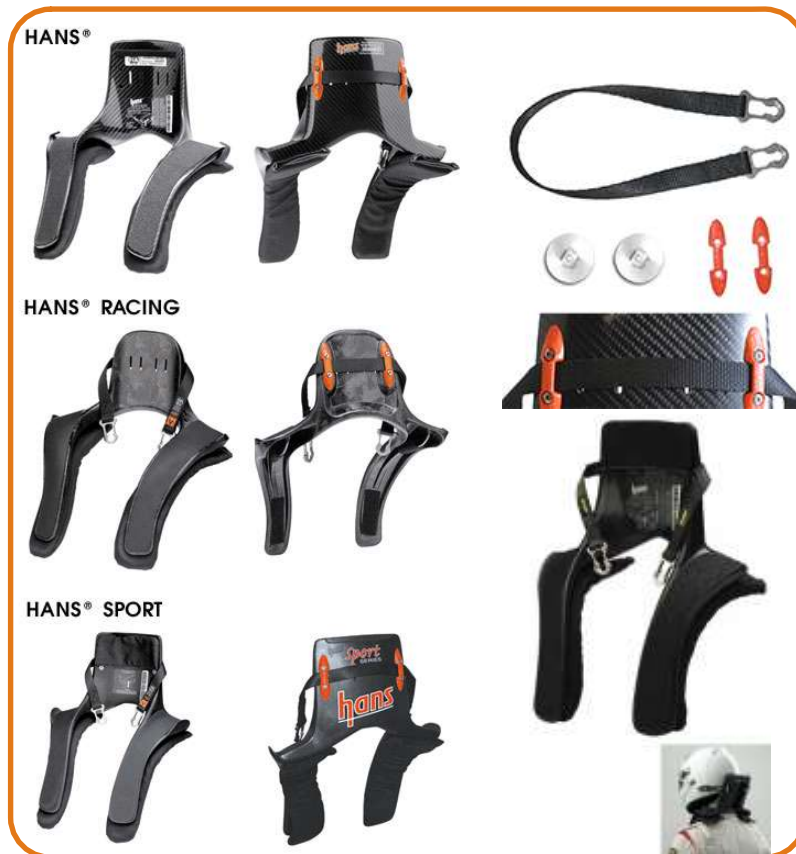
Peso: 790g

Características

Fabricado en fibra de carbón y nylon reforzado, material que absorbe energía en la superficie y en las zonas donde el collarín toca con el cuerpo, su construcción es flexible en cada una de las piezas que lo componen, para casos extremos la rotura controlada del Neck brace sucede con el objetivo de absorber la energía generada. El material empleado en su confección - fibra de vidrio reforzada con plástico y carbono - cubierto en parte por un material blando absorbente, reduce su peso. Con una sencilla serie de ajustes, el KTM Neck Brace también puede ser regulado para adaptarse a la talla corporal del piloto. El neck brace también ha sido probado en MotoCross, donde la libertad de movimientos de la cabeza es extremadamente importante, dando buena fiabilidad.

2.1.1.4. Collares HANS

Ilustración 4. Collares HANS.



Fuente: HANS Performance Products. En: <http://hansdevice.com/site/index.html>. Consultado: 2009

Empresa: Hans Performance Products.

Precio: 620€

Peso: 630gr

Características:

El color del producto, solo varia en la marca, el conjunto en general es Negro/naranja. Fabricado en FIBRA DE CARBONO, Herrajes cromados, tornillos para casco cromados, botones de seguridad en aluminio, correas, almohadillas, sistema de gomas antideslizante para cinturones, funda protectora.

Para escoger el modelo y la talla del dispositivo Hans®, hay que considerar el giro de cuello del piloto y a la inclinación del respaldo de su asiento en la posición de conducción, ofreciendo 2 tallas:

- Medio: giro cuello entre 38 y 45,5 cm. (15"/18").
- Largo: giro cuello superior a 45,5 cm. (superior a 18")

Con base en estas observaciones hay modelos y tallas disponibles en el mercado de la siguiente forma:

SD01 - inclinación de 10° Talla: M

SD06 - inclinación de 20° Talla: M

SD07 - inclinación de 20° Talla: L

2.1.1.5. Youth Shoulder Pad

Ilustración 5. Bike youth shoulder pad extension with restrictor.



Fuente: BIKE Company, En: <http://www.fogdog.com/>. Consultado: 2009.

Empresa: Bike Company.

Precio: 29,99 US\$.

Peso: 500 gr.

Dimensiones: 15x9x4 pulgadas

Características:

Protección a los lados y parte trasera del cuello, minimiza el movimiento lateral, el limitador consta de 3 "de célula abierta y 4" de espuma de relleno PR Plus, tafetán de nylon para la cubierta externa. Este modelo presenta diferentes colores en el mercado, y tallas especiales para el ciclista.

2.1.1.6. Vinyl-Dipped Collar

Ilustración 6. Vinyl-Dipped Collar.



Fuente: Schutt Sports. En: <http://www.schuttsports.com/>. Consultado: 2009.

Empresa: Schutt Sorts.

Precio: 24 US\$.

Peso: 4 onzas

Características

Proporciona protección adicional para el atleta, es ajustable al armazón del atleta como base de protección para el cuello. Su Material es Vinilo acolchado de cruce, únicamente en la presentación blanco.

2.1.1.7. Douglas Neck Roll

Ilustración 7. Douglas neck roll.



Fuente: Douglas Pads. En: <http://www.douglaspads.com/>. Consultado: 2009.

Empresa: Douglas Pads.

Precio: 44.99 US\$.

Peso: 500 gr.

Características

El Douglas neck roll está diseñado para estabilizar el casco y ayudar a prevenir las quemaduras y heridas por el roce del cuello con otros materiales durante el juego. Existen dos presentaciones de color, azul/negro, talla única.

2.1.1.8. DAINESE NECK 4

Ilustración 8. Dainese neck 4.



Fuente: Dainese. En: <http://www.dainese.com/>. Consultado 2009.

Empresa: Dainese.

Precio: 34,99 €.

Características

Se trata de una especie de soporte articulado que sostiene el cuello contra la presión del viento y en caso de caída. Las placas que conforman el sistema son articuladas y “encajan” con la forma de la columna vertebral sin incomodar ni impedir rangos de movimiento. Además, en caso de viajar a una velocidad elevada, el sistema se contrae, mientras que a menor velocidad se alarga. Existen

dos modelos. Su talla es única, ya que la articulación de las placas asegura la adaptación a la morfología de cada uno.

2.1.1.9. EVS RC Evolution

Ilustración 9. EVS RC Evolution.



Fuente: EVS Sports. En: <http://www.evs-sports.com/>. Consultado: 2009.

Empresa: EVS.

Precio: 215 €.

Peso: 2 a 3 Kg.

Características:

Proporcionando protección total del cuello, El RC-Evolution ha sido diseñado desde su concepción con la colaboración de los mejores especialistas en ortopedia para reducir sobrecargas axiales y latigazos que causan daños en la medula espinal. El RC-Evolution tiene un ajuste ergonómico que asegura máxima comodidad y protección contra impactos. Con líneas sencillas, y diseñado para reducir peso y volumen – además de un sistema de ventilación.






Los productos presentan geometrías diferentes debido a que cada uno se está enfocando en un problema distinto; sin embargo, la mayoría de ellos están dirigidos a diferentes deportes extremos en los cuales se generan fuerzas de impacto muy grandes. Se evaluarán los productos con respecto a los movimientos que proteja en diferentes accidentes.

2.1.2. Movimientos Vs. Protecciones.

Para este análisis se tomaron algunos productos que no se tomaron en cuenta en el análisis anterior debido a su similitud respecto de su geometría. Se incluyeron ahora, para entender que no se han dejado fuera del estudio.

- APS. Motociclista convencional
- AIRBAG. Motociclista convencional
- KTM NECK BRACE. Motociclista deporte extremo MotoX, GPX
- COLLARES HANS. Corredores automovilismo fórmula 1
- HEBO. Practicantes de MotoCross, Enduro o Quad
- COWBOY COLLAR. Deportistas fútbol americano
- BIKE YOUTH CHUOLDER. Bicicross BMX
- SHUOTT. Deportistas fútbol americano
- DOUGLAS. Deportistas fútbol americano
- SHUOTT YOUTH FOTBOLL. Deportistas fútbol americano
- DAINESE. Motociclistas de racing motos
- EVS. Motociclistas pit stop motos off-road.

Tabla 1. Requerimientos de seguridad de protecciones que se encuentran en el mercado.

	APS, Sistema airbag para casco	CHAQUETA AIRBAG	KTM Neck Brace™ MOTO GPX	COLLARES HANS®	NECK COLLAR HEBE	MCDONALD ADULT COWBOY COLLAR	BIKE YOUTH SHOULDER PAD EXTENSION PAD WITH RESTRICTOR	SCHUTT™	DOUGLAS ADULTOS FÚTBOL CUELLO ROLL	SCHUTT YOUTH FOOTBALL SHOULDER PAD COLLAR	DAINESE	EVS NECK COLLAR
 Hiperflexión delantera												
 Hiperflexión trasera												
 Hiperflexión lateral												
 Impactos en hombros												
 Impactos en cervicales												

SI cumple
 NO cumple

Fuente: Elaborado por los Autores.

Este análisis demuestra que muy pocas protecciones llegan a cumplir con los requerimientos de seguridad que la zona cervical requiere, resaltan dos protecciones, KTM Neck Brace y el EVS Neck collar, estas son utilizadas en deportes extremos como el BMX, son livianas pero muy grandes para su almacenamiento o transporte del usuario. Estos productos vienen con un sistema especial de ajuste en los lados, haciéndolo incomodo para colocárselo o quitárselo. Por otro lado, los únicos productos que se enfocan al mismo tipo de usuario de este proyecto, son el casco airbag y la chaqueta airbag.

2.1.3. Análisis de competencia directa.

Se realizó un estudio al casco airbag y la chaqueta airbag en aspectos como la calidad percibida por parte del consumidor, la ergonomía, los aspectos mecánicos, de uso, los aspectos relacionados con la comunicación del producto y los aspectos funcionales, de seguridad y fallas del mismo.

2.1.3.1. Casco con airbag

Se muestra en las siguientes imágenes las diferentes formas de uso que se requieren para la postura e instalación del sistema completo.

Figura 1. Diagrama de uso del casco con airbag, desmontaje de almohadillas.



Fuente: Manual de uso del Casco Airbag.

Figura 2. Correcta posición del casco Airbag.



Fuente: Manual de uso del Casco Airbag.

Figura 3. Fijación de la centralita electrónica APS.



Fuente: Manual de uso del Airbag

Figura 4. APS funcionando



Fuente: Manual de uso Airbag

Se notó que pueden llegar a haber problemas por una mala postura del casco, pues a pesar de haberlo fijado en el lugar indicado, un pequeño movimiento brusco previo a la activación del airbag generaría problemas por el impacto que pudiera ocasionar el mismo, además de la experiencia del mal funcionamiento del producto. Por otro lado, el uso de una batería externa e interna complica las cosas para el usuario al que está dirigido el producto.

2.1.3.2. Chaqueta airbag

En las siguientes imágenes se evidencia el mecanismo del airbag y el funcionamiento del mismo, siendo reutilizable, cambiando el gas e instalándolo dentro del chaleco.

Figura 5. Chaqueta Airbag



Fuente: Motorcycle Airbag Jacket, En: <http://www.airbagjacket.com.sg/>. Consultado: 2009

Ilustración 10. Secuencia de activación chaqueta airbag.



Fuente: Motorcycle Airbag Jacket, En: <http://www.airbagjacket.com.sg/>. Consultado: 2009

En el momento del accidente el anclaje del airbag es retirado fuertemente accionando el gas inmediatamente, protegiendo además de la zona cervical, la columna y el tórax.

2.2. ESTUDIO DE TENDENCIAS CON BASE EN EL USUARIO.

Para esta fase, se priorizó el hecho de que la protección cervical está siendo diseñada para conductores usuales de VMB y se tuvo en cuenta la opinión respecto de los cascos. El estudio de tendencias con base en el usuario se realizó por medio de una encuesta.

Método de instrucción previa:

Buenos Días / Tardes, nos encontramos desarrollando un elemento de protección para motociclistas que puede ayudar a reducir las lesiones cervicales en los accidentes de tránsito.

Con ese fin estamos realizando la siguiente encuesta respecto de las tendencias que tienen los usuarios sobre la protección que pueden usar actualmente para conducir un vehículo motorizado biplaza.

¿Quisiera participar de esta encuesta? (Respuesta aceptada: “Si”)

A continuación se presenta la encuesta.

2.2.1. Encuesta

¿Qué tipo de casco usa?



Jet

Semi-jet

Calimero

Integrales

Modulares

Motocross

¿Le incomoda el casco que usa?

Si _____ No _____

Si → ¿Qué le incomoda del casco y porque?

¿Que influye a la hora de comprar un casco nuevo?

¿Usa la correa de sujeción del casco?

Si _____ No _____

No → ¿Por qué?

¿Qué otra protección utiliza además del casco?

¿Considera que el casco le brinda seguridad en todos los aspectos?

Si _____ No _____

No → ¿En cuáles?

¿En qué aspectos encuentra cómodo el casco?

¿En qué aspectos NO encuentra cómodo el casco?

¿Ha utilizado protección cervical?

Si _____ No _____

¿Cuál?

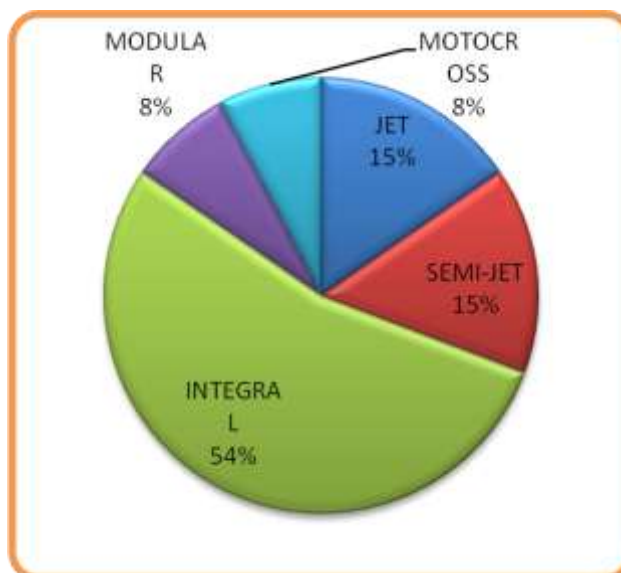
¿Por qué?

¿En condiciones normales?

2.2.2. Resultados

¿Qué tipo de casco usa?

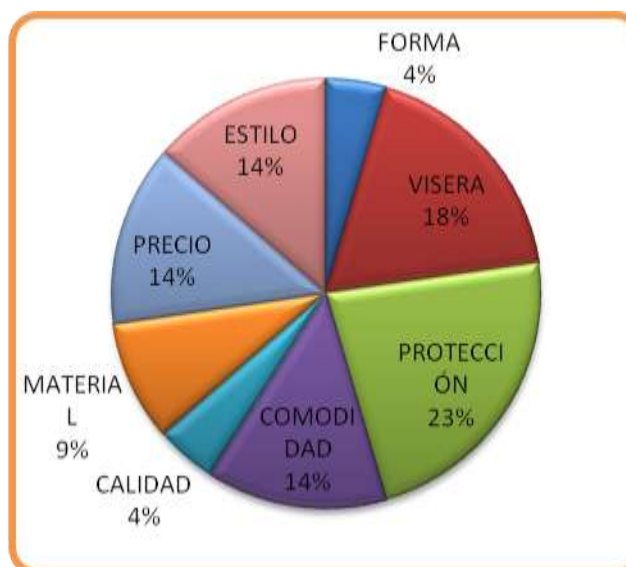
Tabla 2. Cascos que se usan.



Fuente: Elaborado por los Autores

¿Qué influye a la hora de comprar un casco nuevo?

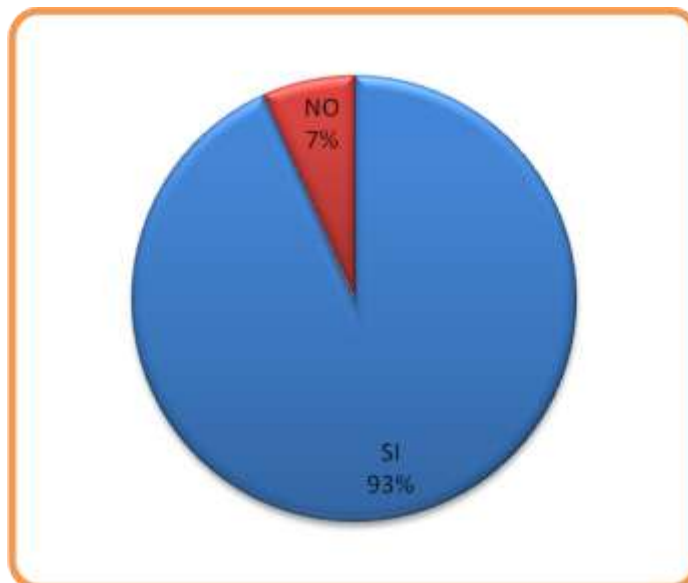
Tabla 3. Aspectos que influyen en la compra de un casco nuevo.



Fuente: Elaborado por los Autores

¿Utiliza la correa de sujeción?

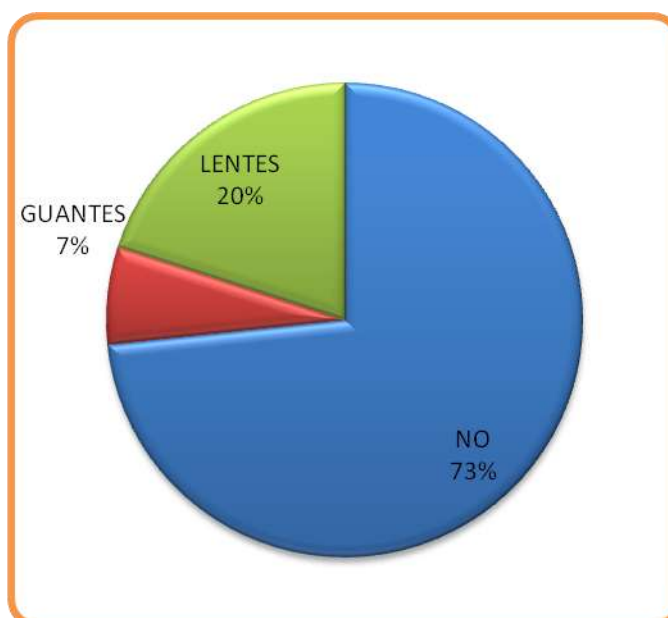
Tabla 4. Utilización de la correa de sujeción



Fuente: Elaborado por los Autores

¿Utiliza otra Protección?

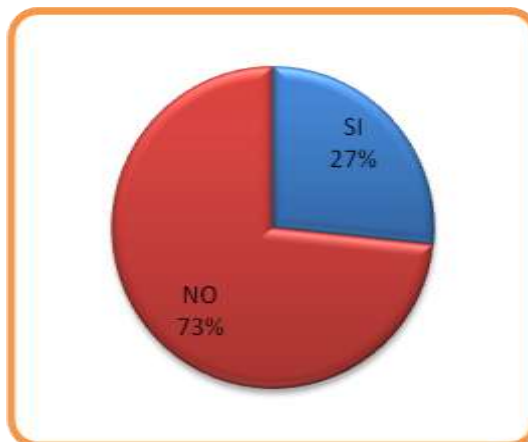
Tabla 5. Tipos de protección además del casco.



Fuente: Elaborado por los Autores

¿Le brinda el casco seguridad total?

Tabla 6. El casco le brinda seguridad total



Fuente: Elaborado por los Autores

No, ¿Cuales no?

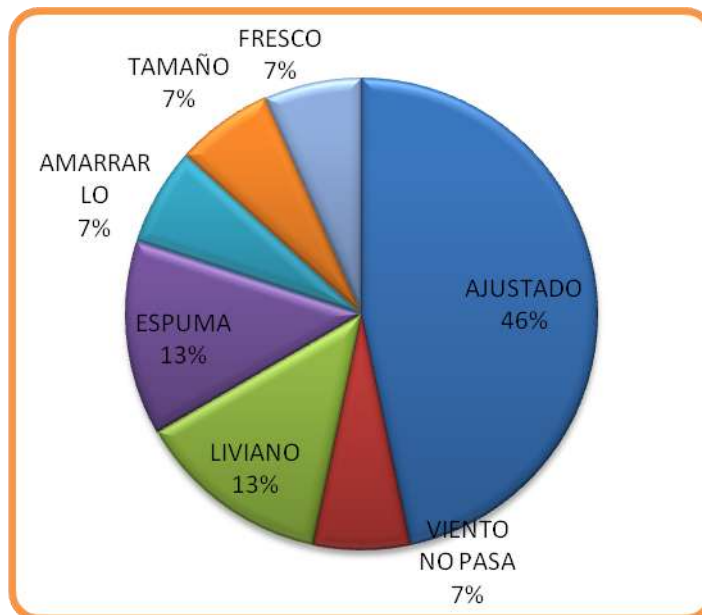
Tabla 7. Partes en las que no brinda seguridad



Fuente: Elaborado por los Autores

El casco es cómodo en...

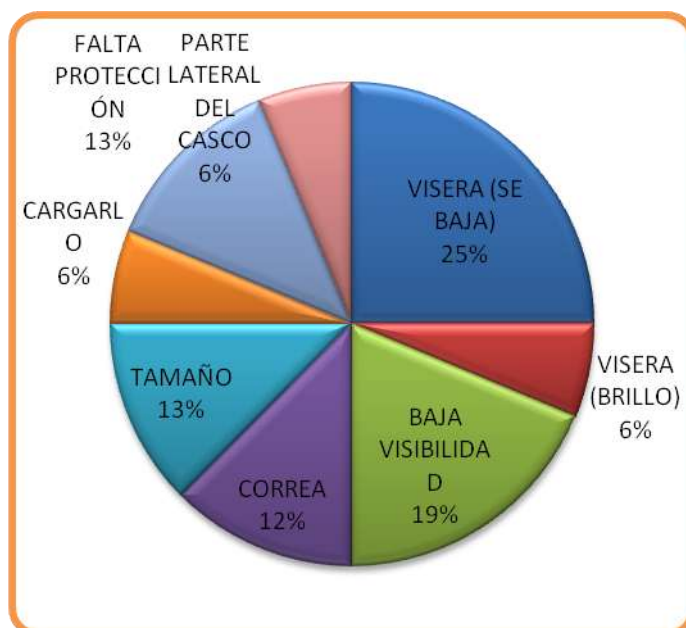
Tabla 8. Aspectos cómodos del casco.



Fuente: Elaborado por los Autores

El casco NO es incómodo en...

Tabla 9. Aspectos incómodos del casco.



Fuente: Elaborado por los Autores

¿Ha utilizado protección cervical?

Ninguno de los encuestados había usado protección cervical en su experiencia de conducción.

De acuerdo con las graficas, la mayoría de los usuarios utilizaban un casco integral, por lo tanto se le atribuyeron aspectos positivos y negativos al mismo.

El 55% de los encuestados concordó que el casco solo brinda protección en la cabeza.

Por otro lado cabe reiterar que ninguno de los usuarios encuestados ha utilizado protección cervical, ya sea porque desconocen su existencia o carecen del ingreso insuficiente de dinero para adquirir una; resulta una anotación preocupante este hecho.

2.3. SISTEMAS DE PROTECCIÓN REGISTRADOS.

Se realizó una búsqueda de las patentes que se encuentran actualmente registradas, con el fin de observar los aspectos significativos que aporten al diseño de la estructura final del proyecto.

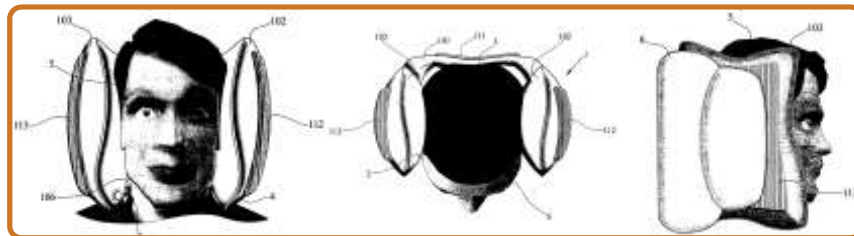
Además se tomó en cuenta estas mismas para no llegar a generar problemas de orden legal con respecto a la posibilidad de similitud de las mismas.

2.3.1. Cabezal transportable y adaptable a todo tipo de asientos de uso personal

Fecha de publicación internacional: 10 de julio de 2008.

Número de publicación internacional: WO 2008/081059 A1

Figura 6. Diagrama cabezal transportable.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

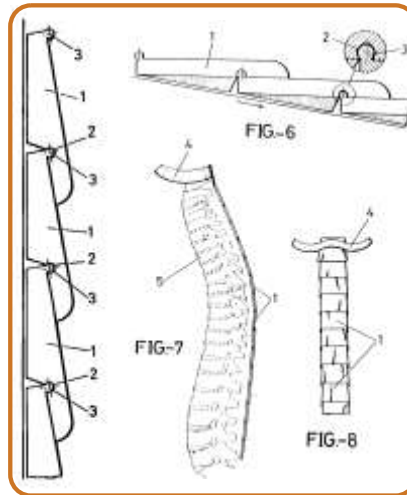
Descripción: La presente invención tiene por objeto un cabezal transportable y adaptable a todo tipo de asientos de uso personal, y habilitado a modo de cojín, poder ser posicionado entre la cabeza del usuario y el asiento, y permitir así un correcto descanso y reposado de la cabeza del usuario sobre éste.

2.3.2. Protector integral de la columna vertebral

Fecha de publicación internacional: 13 de abril de 1995.

Número de publicación internacional: WO 95/09545

Figura 7. Diagrama protector integral de la columna vertebral.

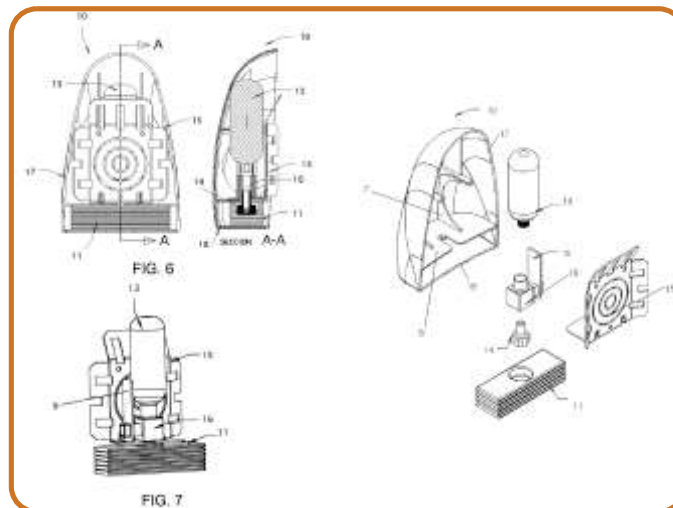


Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

Descripción: Se compone de un módulo a repetición que permite flexibilidad en un solo sentido. De este modo se adapta a la curvatura natural de la columna vertebral.

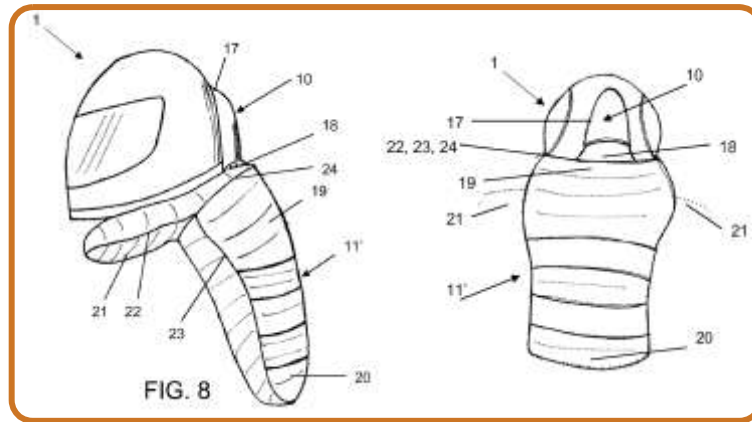
2.3.3. Módulo airbag para protección de la región cervicodorsal.

Figura 8. Diagrama despiece sistema airbag.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

Figura 9. Diagrama despliegue sistema airbag.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

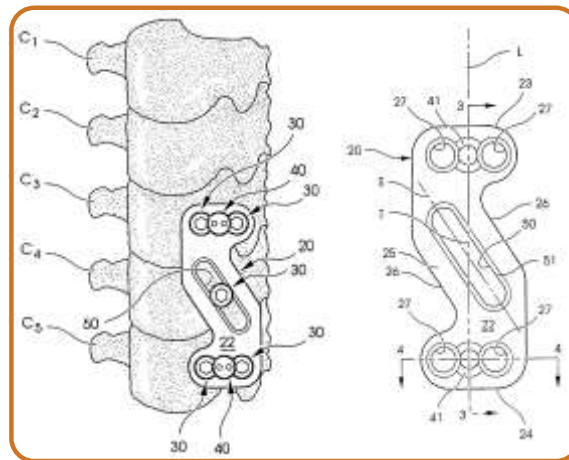
Fecha de publicación internacional: 7 de Febrero de 2008

Número de publicación internacional: US2008/300010

Descripción: Esta patente corresponde al casco airbag analizado anteriormente.

2.3.4. Sistema acorazado cervical anterior

Figura 10. Diagrama sistema acorazado cervical anterior.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

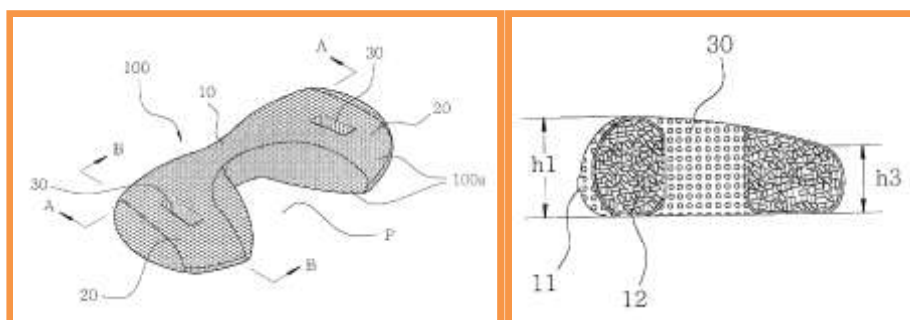
Fecha de publicación internacional: 15 de Noviembre de 1994

Número de publicación internacional: 5364399

Descripción: Esta patente corresponde a un sistema para corregir una fractura en la zona cervical.

2.3.5. Almohada cervical para protección de las vértebras cervicales

Figura 11. Diagrama almohada cervical.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

Fecha de publicación internacional: 2 de Mayo de 2002

Número de publicación internacional: US 2002/0050007 A1

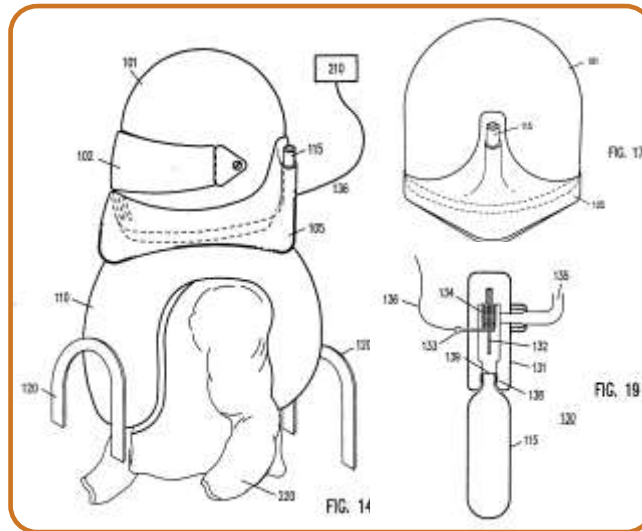
Descripción: La almohada boomerang es una almohada ortopédica que provee un soporte óptimo para la nuca.

2.3.6. Sistema de protección cervical

Fecha de publicación internacional: 24 de Mayo de 1994

Número de publicación internacional: 5313670

Figura 12. Diagrama de sistema de protección cervical.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

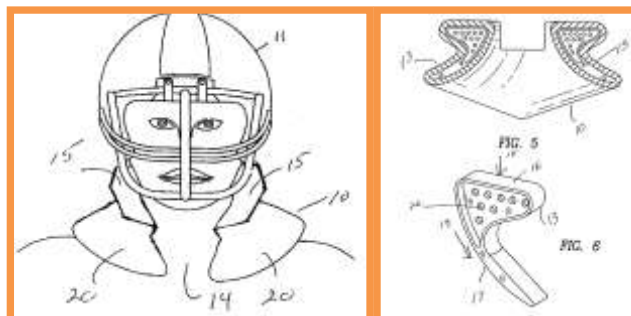
Descripción: La invención corresponde a un sistema para proteger la cabeza y la columna cervical de motociclistas.

2.3.7. Dispositivo para la protección de la espina cervical

Fecha de publicación internacional: 19 de Julio de 2007

Número de publicación internacional: US 2007/0163032 A1

Figura 13. Diagrama de dispositivo para la protección de la espina cervical.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

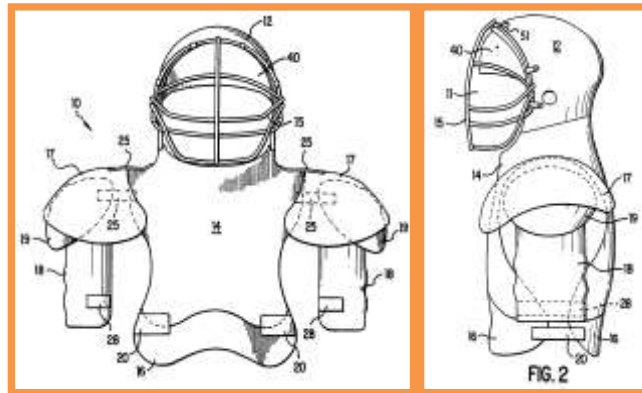
Descripción: Sistema de protección cervical para fútbol americano.

2.3.8. Dispositivo de combinación de casco y protección corporal y cervical

Fecha de publicación internacional: 11 de Octubre de 1994

Número de publicación internacional: 5353437

Figura 14. Diagrama de dispositivo de combinación de casco y protección corporal y cervical.

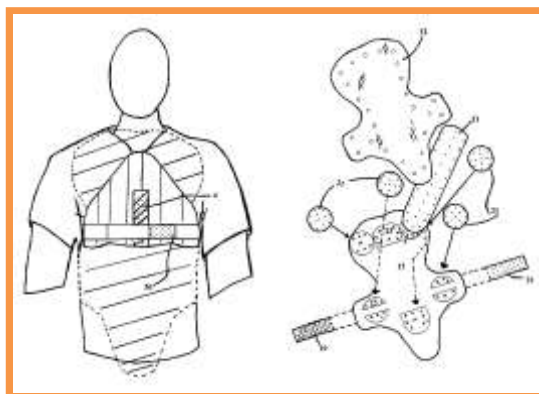


Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Descripción: Combinación de protección de cabeza, cuello y torso para fútbol americano y diferentes actividades de alto riesgo.

2.3.9. Bolsa expandible para protección corporal empleando componentes removibles-reemplazables.

Figura 15. Diagrama bolsa expandible para protección corporal.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

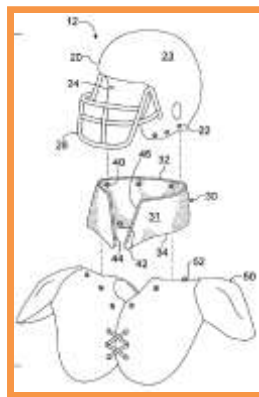
Fecha de publicación internacional: 14 de Marzo de 2000

Número de publicación internacional: 6035452

Descripción: Protector deportivo expansible para el torso que disipa la energía por medio de la expansión y compresión del diseño.

2.3.10. Sistema de protección para cabeza y cuello

Figura 16. Diagrama de sistema de protección para cabeza y cuello.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Fecha de publicación internacional: 5 de Abril de 2005

Número de publicación internacional: US 6874170 B1

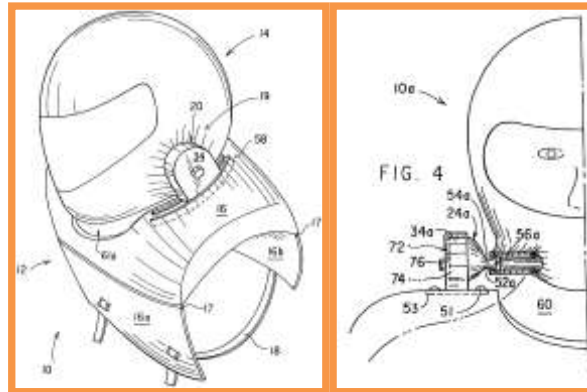
Descripción: Combinación para protección de cabeza, cuello y hombros para evitar lesiones de atletas.

2.3.11. Casco y arnés de montaje para proporcionar protección de columna cervical

Fecha de publicación internacional: 3 de Agosto de 1999

Número de publicación internacional: 5930843

Figura 17. Diagrama casco y arnés de montaje para protección cervical.

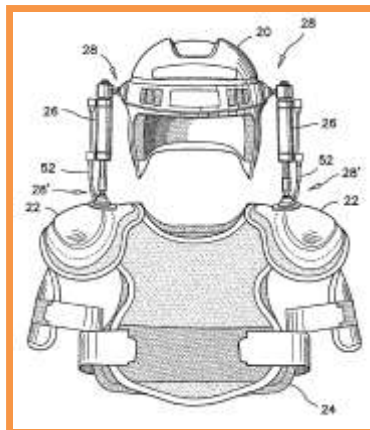


Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Descripción: Los pivotes laterales transmiten su fuerza al soporte y pechera, quienes en conjunto soportan las cargas de impacto de los motociclistas.

2.3.12. Casco que provee protección de la espina cervical

Figura 18. Diagrama de casco que provee protección de la espina cervical.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

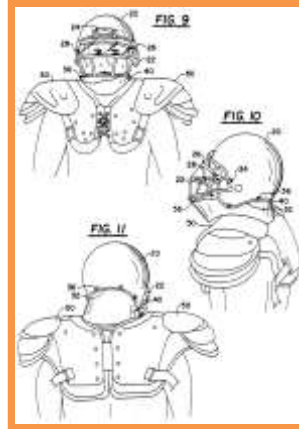
Fecha de publicación internacional: 29 de Noviembre de 2005

Número de publicación internacional: US 6968576 B2

Descripción: El movimiento es limitado por los pivotes laterales.

2.3.13. Casco para proteger la espina cervical contra fuerzas de impacto

Figura 19. Diagrama de casco para proteger la espina cervical.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

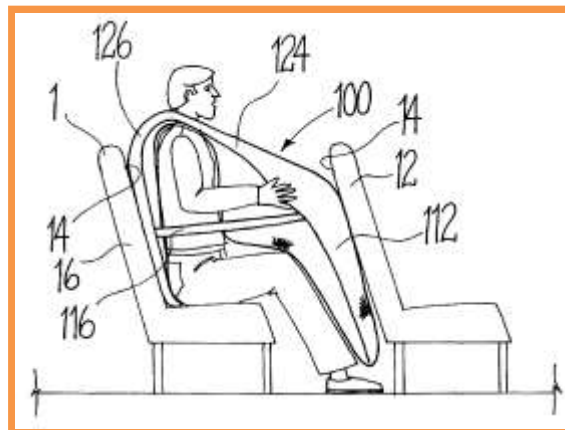
Fecha de publicación internacional: 22 de Febrero de 1994

Número de publicación internacional: 5287562

Descripción: Al casco se le ha puesto en la base un anillo inflable que permanece comprimido para permitir la movilidad del usuario.

2.3.14. Resistencia inflable

Figura 20. Diagrama de resistencia inflable.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

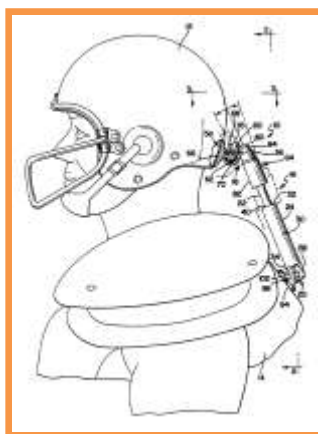
Fecha de publicación internacional: 2 de Diciembre de 1997

Número de publicación internacional: 5692710

Descripción: Resistencia inflable a manera de poncho para viajes en cualquier vehículo.

2.3.15. Dispositivo de protección de espina y cuello

Figura 21. Diagrama de dispositivo de protección de espina y cuello.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Fecha de publicación internacional: 13 de Diciembre de 1994

Número de publicación internacional: 5371905

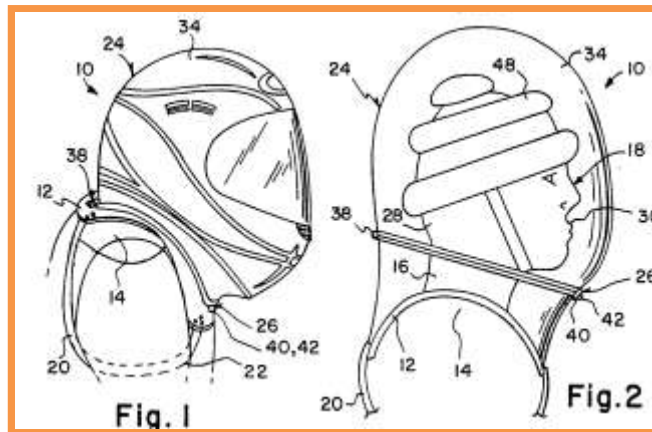
Descripción: Sistema hidráulico de protección cervical.

2.3.16. Casco que descansa en los hombros

Fecha de publicación internacional: 22 de Marzo de 1994

Número de publicación internacional: 5295271

Figura 22. Diagrama de casco que descansa en los hombros.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>

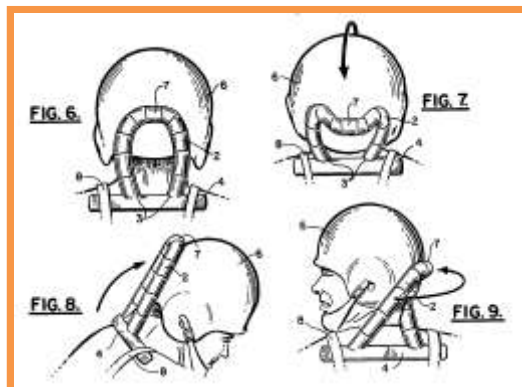
Descripción: Sistema de protección de cabeza y cuello que consiste en 3 anillos que soportan la energía de impacto en la cabeza y un elemento rígido que conecta el casco con los hombros.

2.3.17. Simultáneo enderezador, protector y rehabilitador de cuello.

Fecha de publicación internacional: 26 de Agosto de 1980

Número de publicación internacional: 4219193

Figura 23. Diagrama de enderezador, protector y rehabilitador de cuello.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Descripción: Ejercitador, rehabilitador y protector de cuello graduable.

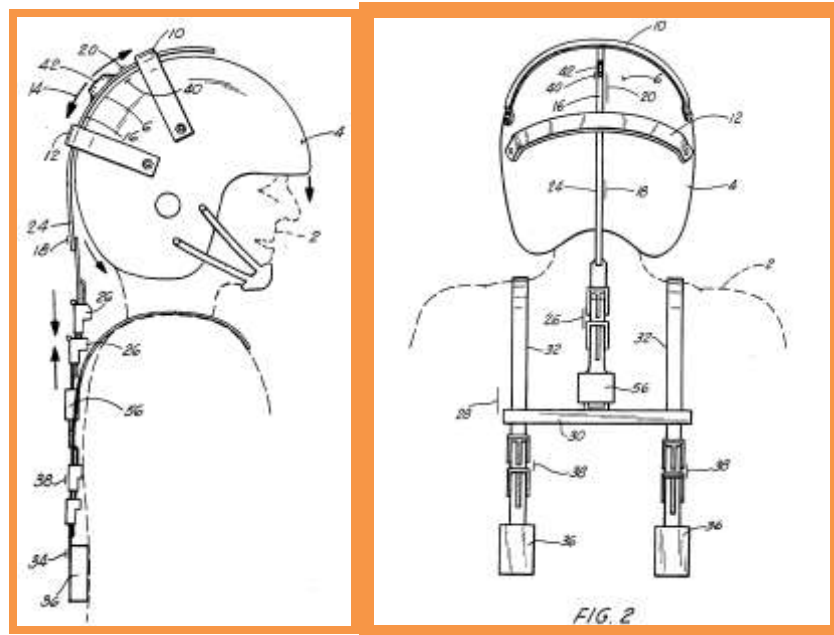
2.3.18. Casco abrazadera de deportes para protección de la espina cervical

Fecha de publicación internacional: 23 de Junio de 1992

Número de publicación internacional: 5123408

Descripción: Soporte flexible para evitar el movimiento excesivo de la cabeza hacia atrás.

Figura 24. Diagrama de casco abrazadera.



Fuente: World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

Dentro de las patentes anteriores, se observó que en su mayoría se inclinan a restringir el movimiento del usuario. Por otro lado, aquellas que no lo restringían utilizaban sistemas de activación electrónica para evitar lesiones en la zona cervical. Se pasaron por alto las soluciones de tipo electrónico y neumático debido al incremento en el costo final del producto. De igual forma, se trabajó sobre los mecanismos y resistencias de material que requieran ensambles simples.

3. FASE ANALÍTICA

3.1. INFORMACIÓN TÉCNICA

3.1.1. Análisis mecánico

i-) Columna cervical.

Ilustración 11. Columna Cervical

1. Atlas
2. Axis
3. C3
4. C4
5. C5
6. C6
7. C7
8. Apófisis espinosa prominente
9. Arco posterior del atlas
10. Fosa cerebelosa
11. Maxilar inferior
12. Peñasco



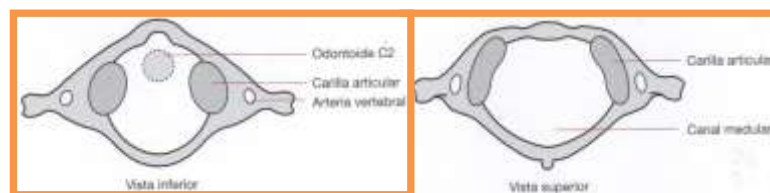
Fuente: Radiografías del aparato locomotor. En:

<http://www.arcesw.com/radiografias.htm>. Consultado: 2009

ii-) Atlas

El atlas es un hueso circular con carillas articulares en ambos laterales. Las carillas superiores son cóncavas, mientras que las inferiores son convexas. Se puede ver dónde se sitúa la apófisis odontoides (c2) respecto del atlas.

Figura 25. Atlas

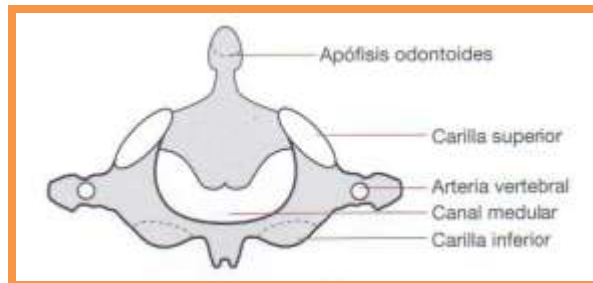


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

iii-) Axis

El axis (vértebra C2) posee unas carillas articulares superiores cóncavas para articular con las carillas articulares inferiores del atlas. Sus carillas inferiores articulan con la tercera vértebra cervical. La apófisis odontoides asciende a través del canal medular del atlas.

Figura 26. Axis

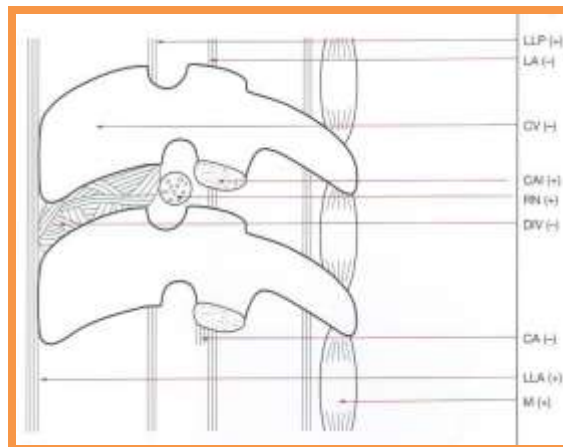


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

iv-) Unidad funcional cervical.

Visión lateral de la unidad funcional cervical. CV, cuerpo vertebral; LLP, ligamento longitudinal posterior; LA, ligamento amarillo; CAI, carilla articular inferior; RN, raíz nerviosa; DIV, disco intervertebral; LLA, ligamento longitudinal anterior; M, músculos erectores; CA, cápsula articular.

Figura 27. Unidad funcional cervical

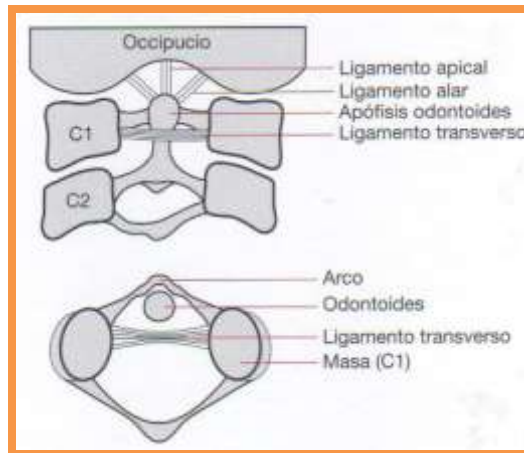


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

v-) Ligamentos

Soporte ligamentoso occipito-atlanto-axoideo.

Figura 28. Soporte ligamentoso.

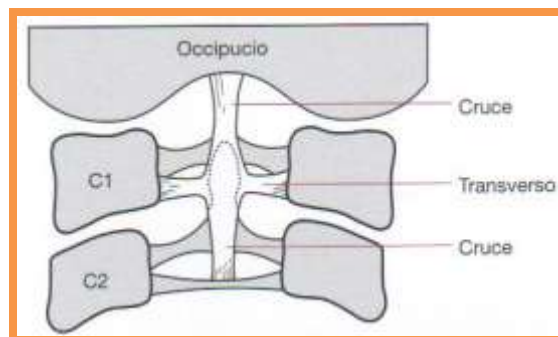


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Los ligamentos apicales surgen del extremo de la apófisis odontoides, insertándose en el agujero occipital. Los ligamentos transversos mantienen la apófisis odontoides en la *fóvea dentis*, que se encuentra en la parte posterior del arco anterior del atlas.

Ligamento cruciforme de la articulación atlanto-odontoidea.

Figura 29. Ligamento cruciforme.

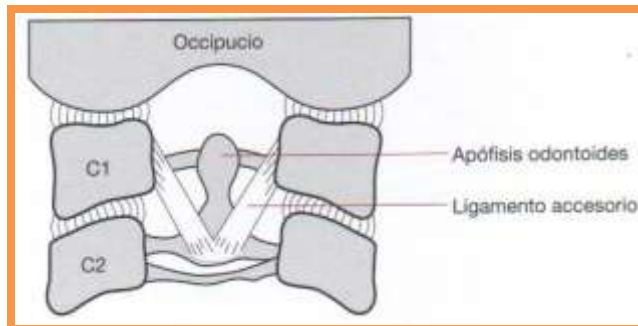


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

En la línea media, el ligamento transverso se cruza con las fibras longitudinales, que van desde el agujero occipital hasta el axis, conectándose así las dos primeras vértebras cervicales.

Ligamentos Atlanto- Axoideos accesorios.

Figura 30. Ligamentos Atlanto-Axoideos

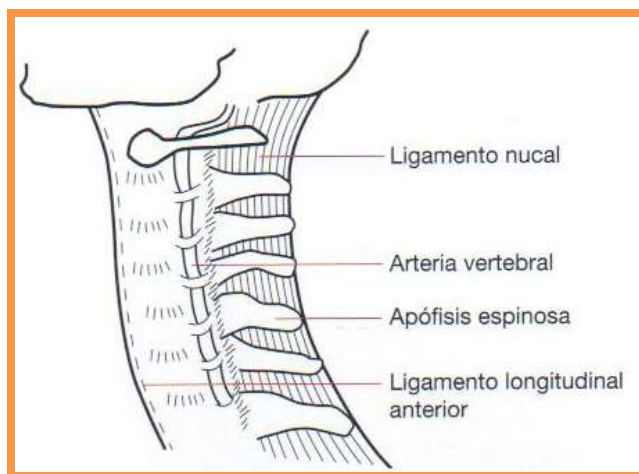


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Estos dos ligamentos parten desde la cara medial de los cuerpos vertebrales del atlas, hasta converger en la parte posterior inferior de la apófisis odontoides.

Ligamento nucal.

Figura 31. Ligamento nucal.



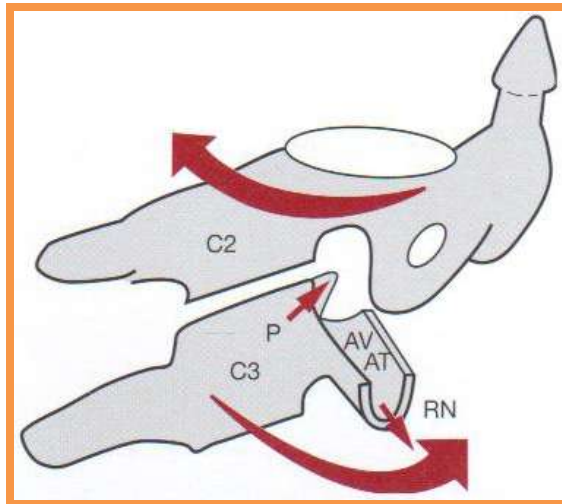
Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Este ligamento firme y esencialmente inelástico une la base del cráneo con la apófisis espinosa de la columna cervical.

vi-) Movimientos

Rotación de C2 respecto de C3

Figura 32. Rotación C2 respecto de C3

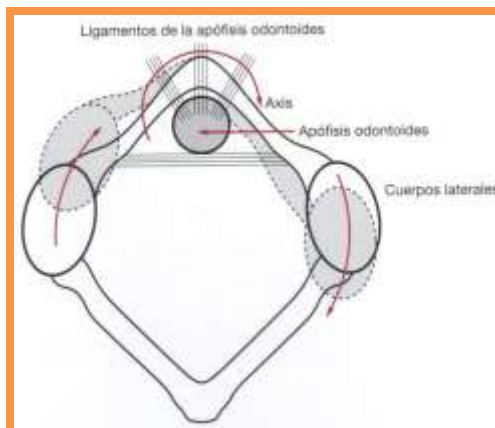


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

El axis (C2) gira alrededor de la tercera vértebra cervical, estando ésta limitada. El extremo anterior de la apófisis articular superior de C3 choca con el margen lateral del orificio de la arteria vertebral (AV). La raíz nerviosa (RN) de C3 sale a través de la apófisis transversal (AT). P, pedículo.

Movimiento rotacional del atlas respecto del axis.

Figura 33. Movimiento rotacional atlas



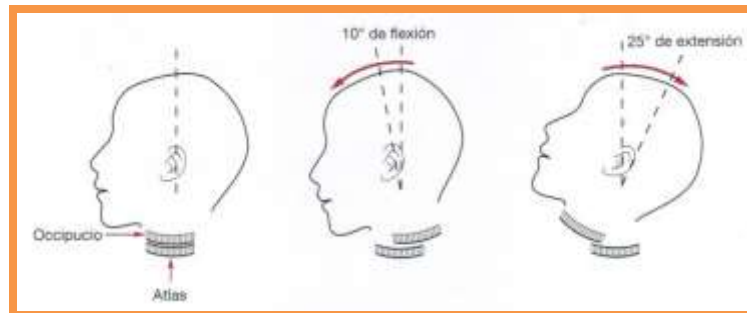
Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

La traslación de los cuerpos del atlas sobre el axis permite una rotación de aproximadamente 45° en ambas direcciones; dicha rotación está limitada por el ligamento odontoideo.

Movimiento occipilatorio

La superficie convexa de los cóndilos occipitales se desliza sobre las superficies articulares cóncavas del atlas que permiten la flexión (10°) y la extensión (25°), siendo un movimiento total de 35° . Apenas permite un movimiento lateral o rotación. Este movimiento respecta del occipucio con el atlas.

Figura 34. Movimiento occipilatorio

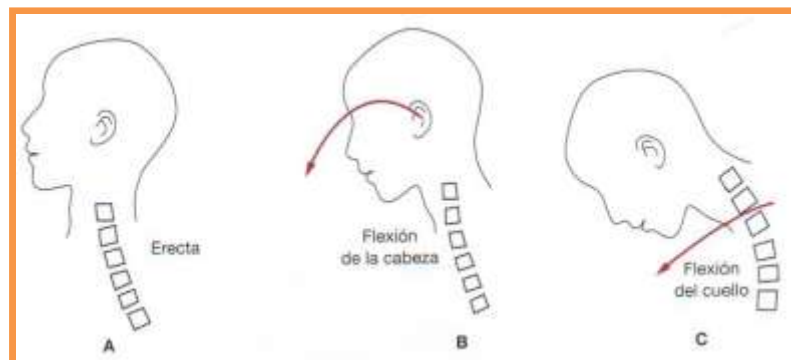


Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Movimientos de la columna cervical.

Columna erecta, flexión de la cabeza sobre la columna, flexión de la columna cervical inferior.

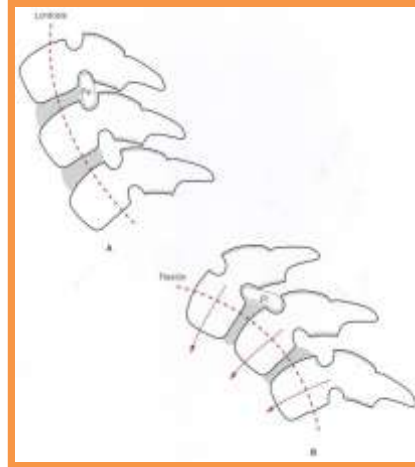
Figura 35. Movimientos de la columna cervical



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Flexión de la columna cervical.

Figura 36. Flexión de la columna cervical.



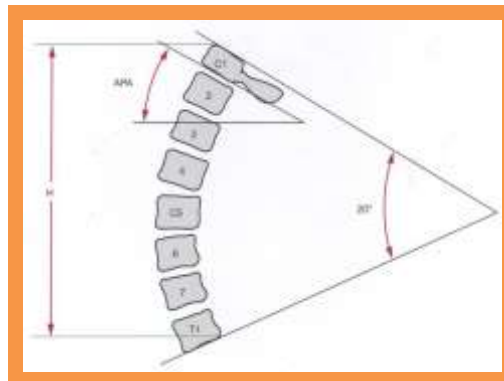
Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet
A. Lordosis cervical; Fe: tamaño del agujero de conducción.

B. La flexión muestra un deslizamiento anterior de cada vértebra (flechas) con una ligera deformación de los discos, separación de las carillas articulares y apertura de los agujeros de conjunción (Ff)

Ángulo rotacional de la lordosis cervical.

La altura de la columna cervical (H) viene determinada por el grado de curvatura (lordosis) de la columna desde C2 hasta C7. El ángulo lordótico es de aproximadamente 20°. APA, ángulo de los pilares articulares de la vertebra C1.

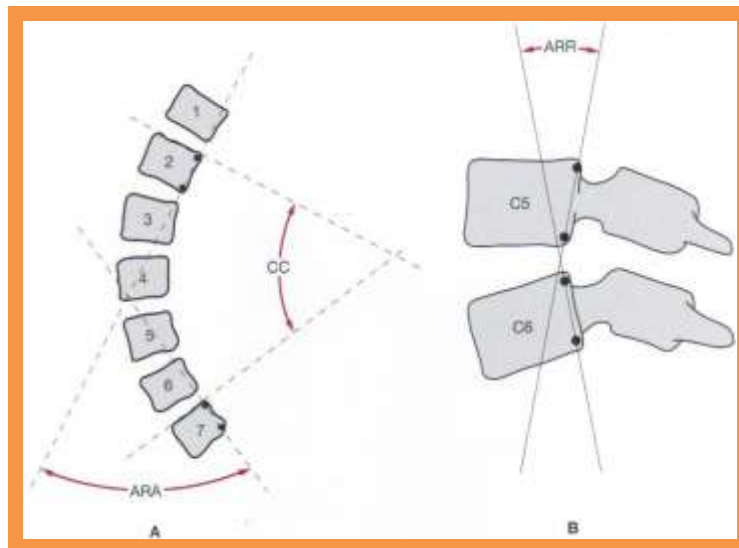
Figura 37. Ángulo rotacional de la lordosis cervical.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Lordosis cervical a nivel individual.

Figura 38. Lordosis cervical a nivel individual.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

A. La lordosis cervical (CC) muestra una curvatura general (ARA). La lordosis se mide mediante una línea que pasa por la cara superior de C2 y otra que lo hace por la cara inferior de C7.

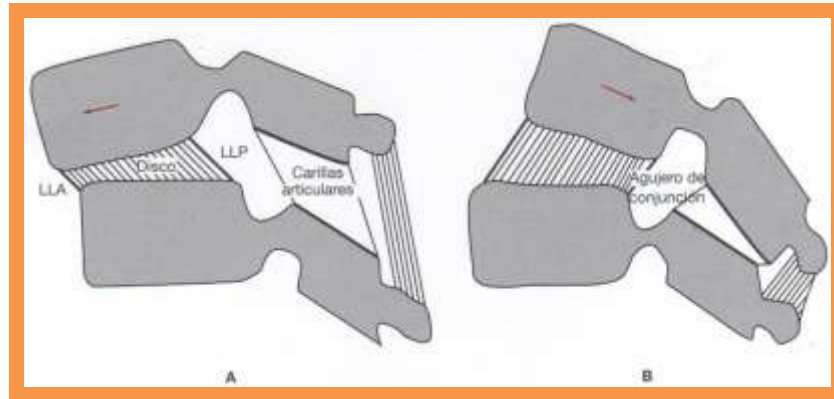
B. Dos vértebras, C5 y C6, que muestran un ángulo

Movimiento del agujero de conjunción en la flexión-extensión.

A. Se produce una apertura del agujero de conjunción en la flexión (flecha). El ligamento longitudinal anterior (LLA) se acorta, y por el contrario, el ligamento longitudinal posterior (LLP) se alarga.

B. En la extensión, el agujero de conjunción (A) se cierra, pero a esta altura las raíces nerviosas están horizontalizadas.

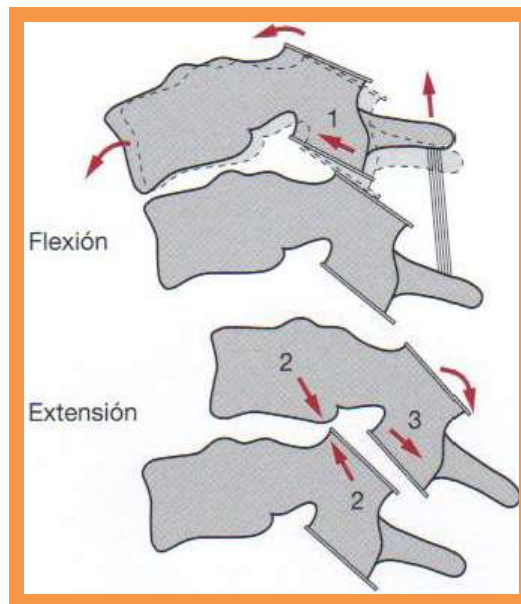
Figura 39. Movimiento del agujero de conjunción en la flexión extensión.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Limitaciones mecánicas del segmento cervical inferior

Figura 40. Limitaciones mecánicas del segmento cervical inferior.



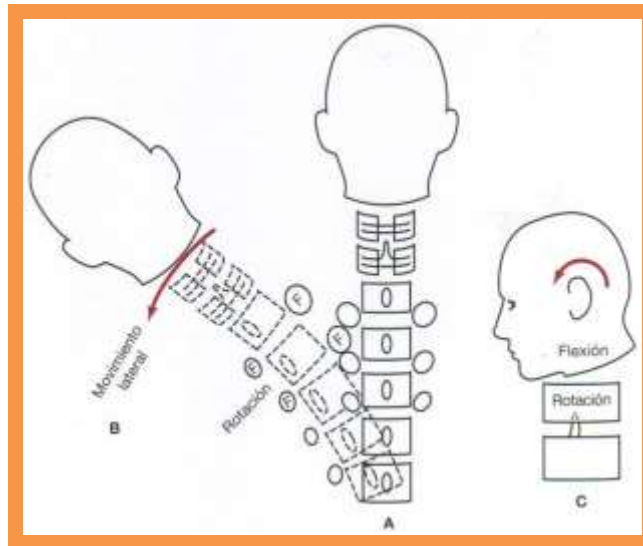
Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

La flexión está limitada por los ligamentos posteriores y el choque de las carillas articulares (1). En extensión, el borde inferior de la vértebra superior ejerce una

compresión sobre la cara anterior de la carilla articular superior (2); la cápsula articular también limita el movimiento (3).

Movimiento global de la columna cervical.

Figura 41. Movimiento global de la columna cervical.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

A. Columna erecta en la que los agujeros centrales muestran la apófisis espinosa y los laterales los agujeros de conjunción.

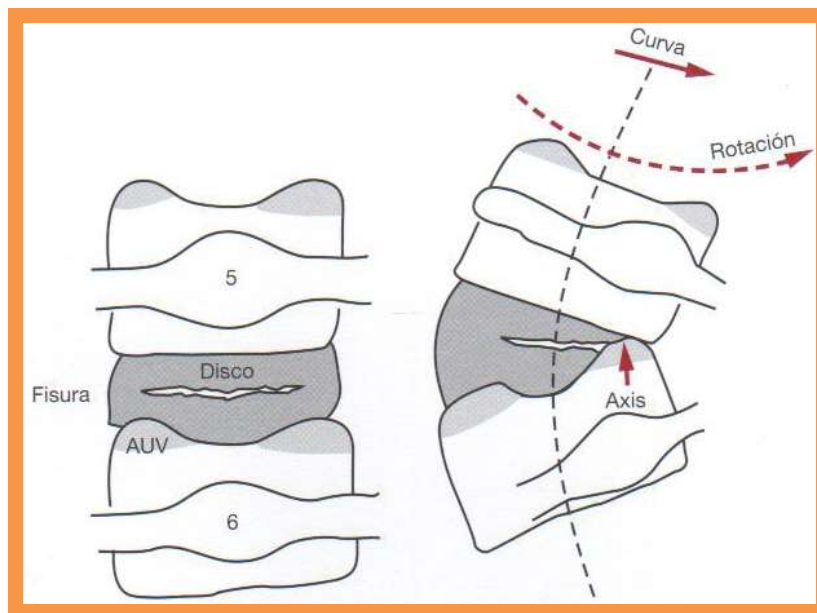
B. Flexión lateral izquierda con rotación simultánea de las vértebras. El agujero de conjunción (F) en el lado cóncavo se estrecha, y en el lado convexo se abre.

C. Movimiento del occipital respecto del atlas (C1) y rotación del atlas sobre el axis (C2).

Rotación y flexión lateral de la columna cervical.

Cuando la columna cervical realiza una flexión, se curva lateralmente y rota (acción de acoplamiento); las apófisis uncovertebrales (AUV) son el eje de dicha rotación, y la fisura en el disco permite la rotación y la inclinación lateral.

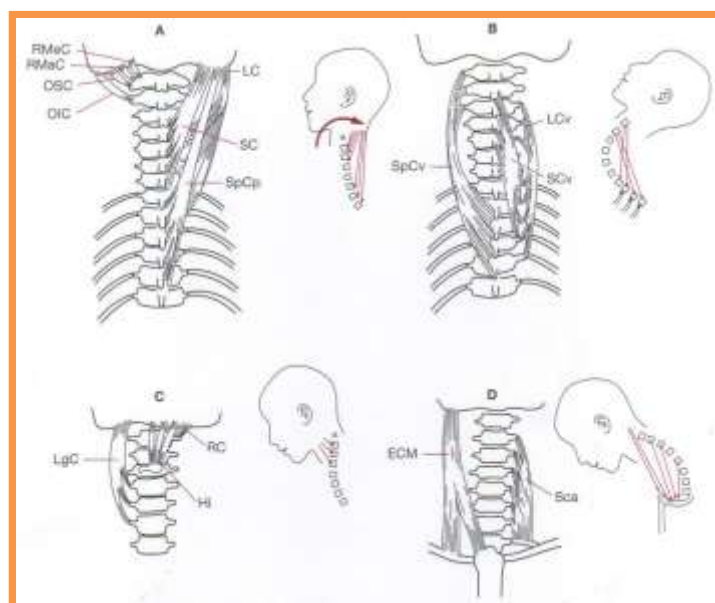
Figura 42. Rotación y flexión lateral de la columna cervical.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

vii-) Musculatura

Figura 43. Musculatura cervical.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Musculatura de cabeza y cuello.

A. Movilizadores capitales. Los extensores de la cabeza se insertan en el cráneo y extienden la cabeza sobre la columna cervical.

B. Movilizadores cervicales. Los extensores cervicales se originan e insertan en la columna cervical. Estos alteran la curvatura cervical.

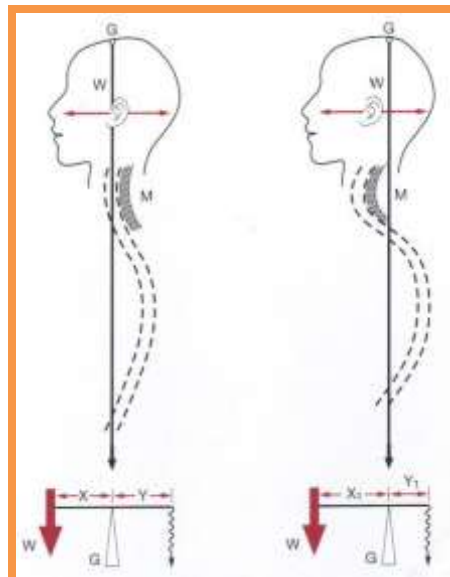
C. Flexores de la cabeza.

D. Flexores cervicales.

RMeC, recto menor de la cabeza. RMaC, recto mayor de la cabeza. OSC, oblicuo superior de la cabeza. OIC, oblicuo inferior de la cabeza. LgC, largo de la cabeza. RC, recto anterior y lateral de la cabeza. Hi, músculo suprahioides e hioideo. LC, longísimo de la cabeza. SC, semiespinal de la cabeza. SpCp, esplenio de la cabeza. SpCv, esplenio cervical. LCv, longísimo cervical. SCv, semiespinal cervical. ECM, esternocleidomastoideo. Sca, escaleno anterior y medio.

viii-) Soporte de Cargas

Figura 44. Soporte de cargas.



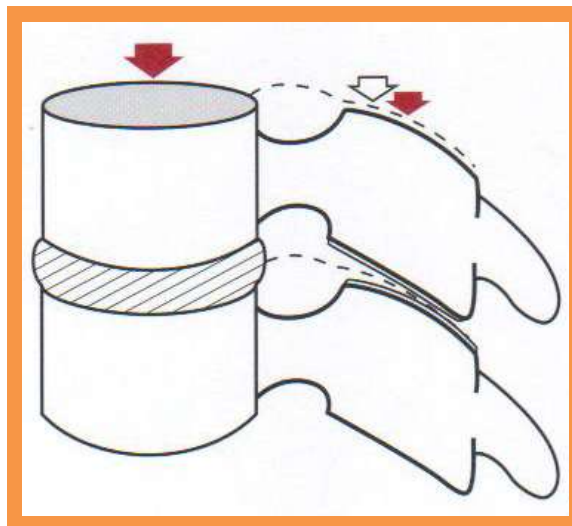
Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Soporte cervical en relación al centro de gravedad.

La fórmula $W \times X = M \times Y$ representa el soporte cervical en relación al centro de gravedad (G), donde W es el peso de la cabeza; X es la distancia entre el centro de gravedad de la cabeza y la línea de gravedad del cuerpo; Y es la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza de la musculatura y la línea de gravedad del cuerpo, y M es la tensión muscular necesaria para soportar W. En definitiva, imita a una palanca de primer grado con el punto de apoyo o fulcro en G, y a cada lado, respectivamente, el peso y la acción de los músculos. Cualquier cambio de longitud en uno de los brazos de la palanca (por cambios posturales) repercute en la fórmula.

Soporte del peso de una vértebra cervical típica.

Figura 45. Soporte del peso de una vértebra cervical típica.



Fuente: Anatomía funcional biomecánica, Calliet

Tres puntos de apoyo del soporte del peso en la vértebra cervical. La flecha grande indica la posición anterior (cuerpo de la vértebra y el disco), que soporta el 50% del total; las flechas pequeñas indican las articulaciones zigoapofisiarias, que soportan la carga restante (25% de la carga cada una).

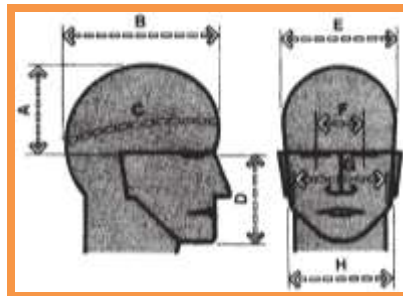
3.1.2. Medidas antropométricas relevantes

Tabla 10. Medidas cabeza, P5-P95

		A	B	C	D	E	F	G	H
95	pulg.	5.0	6.50	23.59	5.13	8.27	2.71	5.94	5.98
	cm	12,7	16,5	59,9	13,0	21,0	6,9	15,1	15,2
5	pulg.	4.1	5.80	21.74	4.35	7.39	2.24	5.27	5.26
	cm	10,4	14,7	55,2	11,0	18,8	5,7	13,4	13,4

Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Figura 46. Dibujo relacionado con la tabla de medidas cabeza.



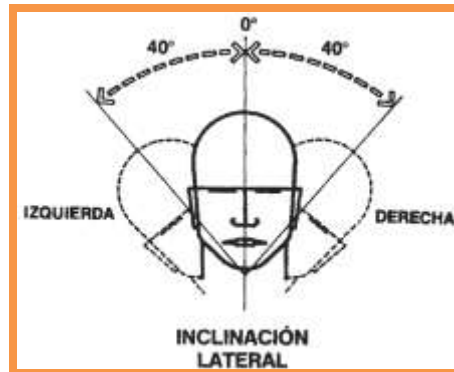
Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Tabla 11. Medidas Cuello.

Dimensiones en pulgadas				Agregar		
	Nombre de la Dimensión	5 %	50 %	95%	Desviación Estándar	Ropa ligera
• Ancho de cabeza	2.2	2.4	2.7	0.16	—	—
• Distancia entre pupilas	21.1	22.1	23.1	0.63	—	—
• Circunferencia de la cabeza	13.4	14.7	10.1	0.82	—	—
• Circunferencia del cuello	7.2	7.7	8.1	0.29	4.5	4.5
• Largo de la cabeza	8.0	8.7	9.8	—	2.5	2.5
• Largo barba a punta inf. oreja	3.69	3.7	3.71	—	—	—
• Punta inf. oreja a alto cabeza	4.7	5.2	5.7	0.31	2.5	2.5
• Ancho de la oreja	1.3	1.4	1.6	0.11	—	—
Alto de la oreja	2.2	2.5	2.7	0.16	—	—

Fuente: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

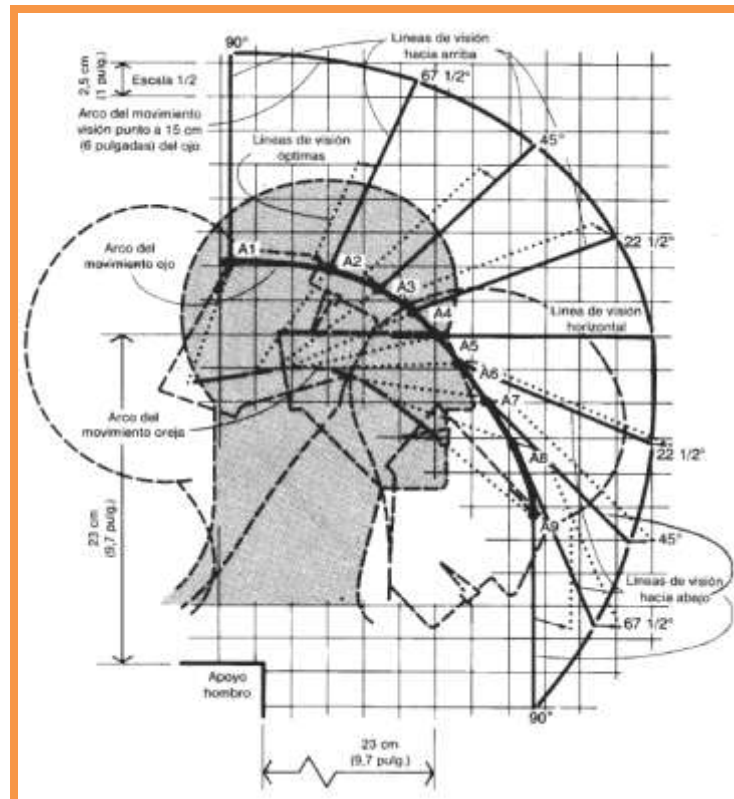
Figura 47. Ángulos de inclinación cervical.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Amplitud movimiento de cabeza y ojo en el plano vertical

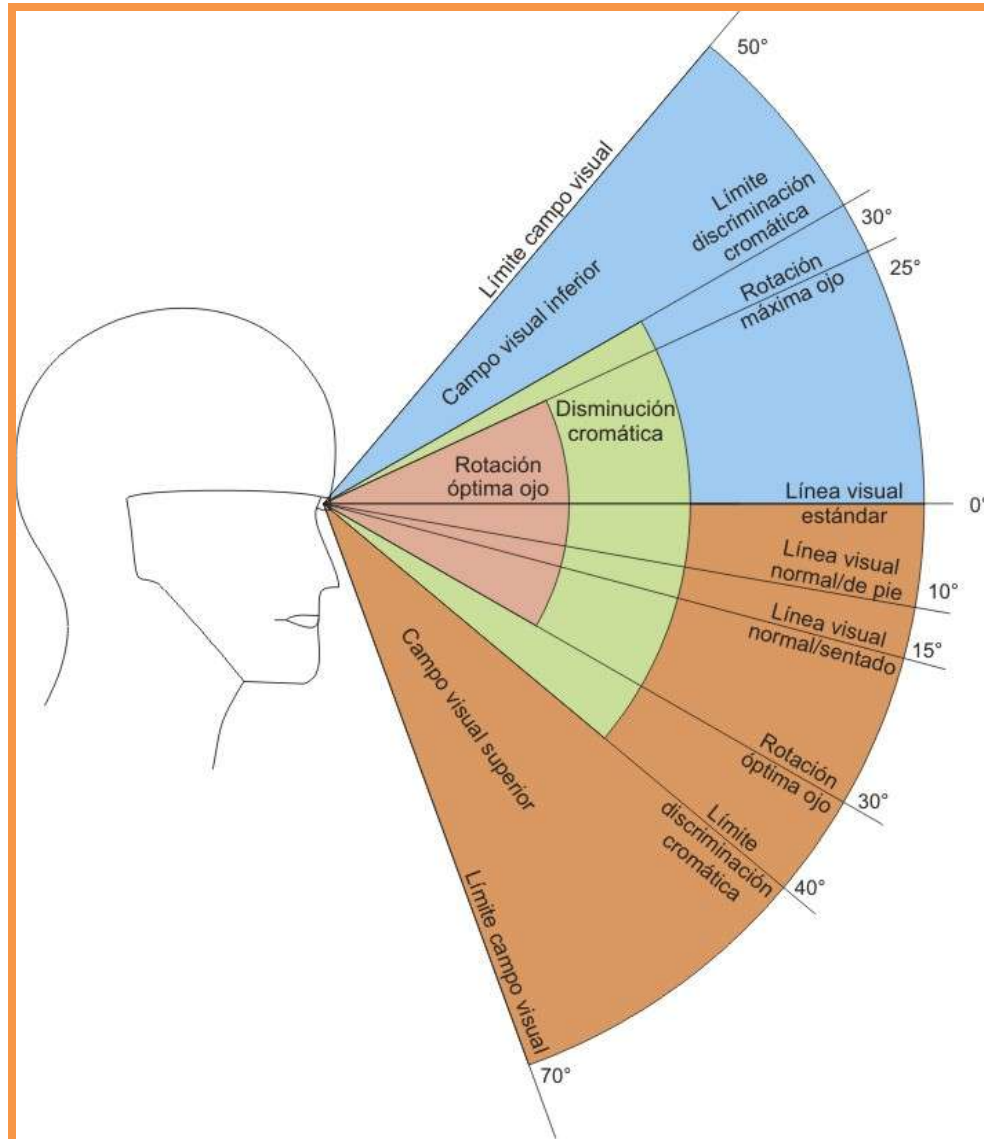
Figura 48. Amplitud movimiento de cabeza en el plano vertical.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Este dibujo combina los movimientos de cabeza y ojos en el plano vertical donde se producen al mirar en ángulos distintos por encima y debajo de la horizontal.

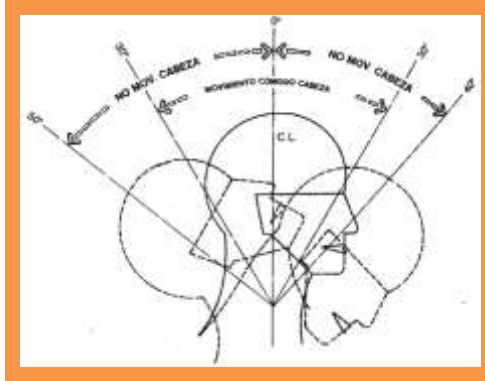
Figura 49. Amplitud ojo en el plano vertical.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Movimiento de la cabeza en el plano vertical.

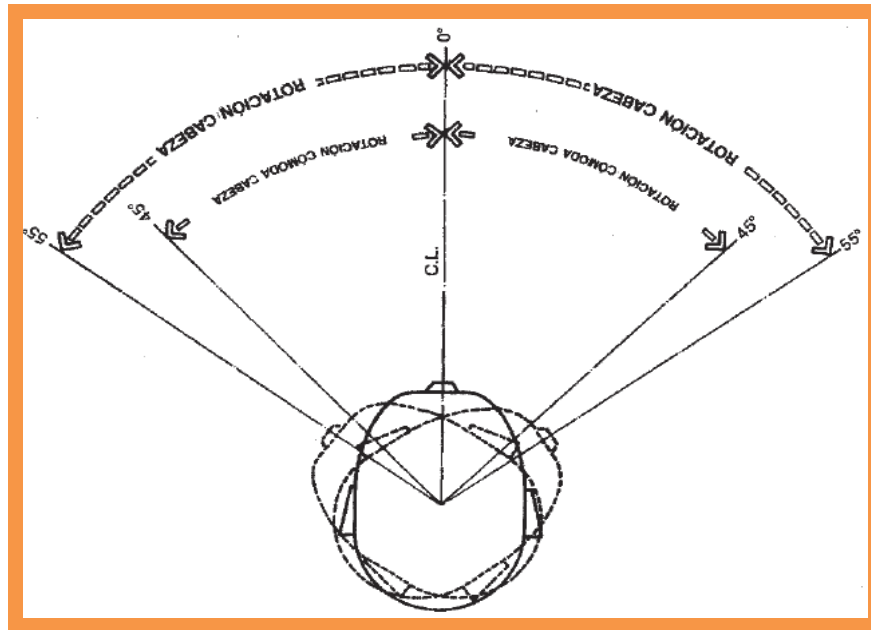
Figura 50. Movimiento de la cabeza en el plano vertical.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

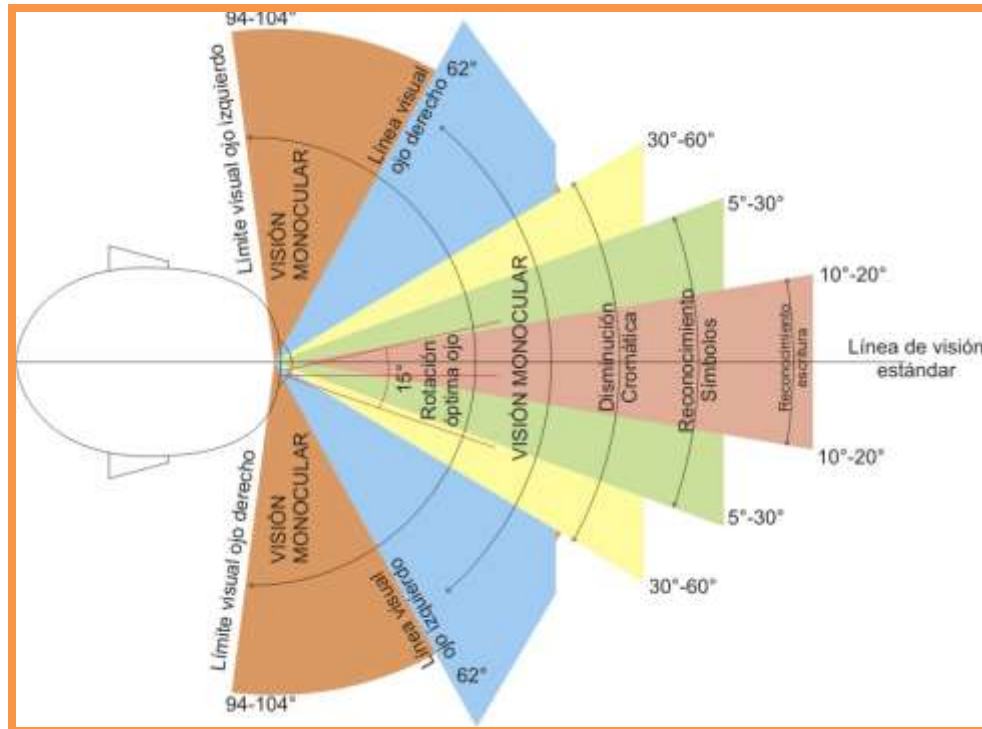
Flexión e Hiperextensión en 40° y 50° respectivamente

Figura 51. Movimiento rotacional de la cabeza.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Figura 52. Ángulos de visión en el plano transversal.



Fuente: Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero.

Finalmente, se realizó una tabla respecto de los límites de movimiento y las medidas a tener en cuenta. La estructura de la columna cervical aportará información relevante en la determinación de cargas.

Tabla 12. Límites de movimiento

Movimiento / plano	Ángulo
Movimiento plano sagital	30° con respecto al plano frontal
Movimiento plano frontal	40° con respecto al plano sagital.
Rotación	45° con respecto a ambos lados del plano sagital.

Fuente: Elaborado por los Autores.

3.2. INFORMACIÓN LEGAL

Se analizaron normas y estadísticas las cuales permitieron delimitar los parámetros de diseño y establecer la fuerza de impacto para el estudio de las alternativas.

3.2.1 Velocidad Máxima Motocicletas

Res. No. 318 de 2008 expedida por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

Las motocicletas que transiten por el Municipio de Bucaramanga no pueden superar la velocidad de 50 Km. por hora en vías urbanas y de 60 Km. por hora en el anillo vial, autopistas y vías rurales públicas.

3.2.2 Estadísticas Medicina Legal.

Las estadísticas de Medicina Legal publicadas en su revista FORENSIS, la cual contiene información sobre lesionados y muertos en accidentes de tránsito en Colombia, permitirán establecer los puntos sobre los cuales los usuarios de vehículos motorizados biplaza sufren lesiones al momento del accidente. De esta forma, se establecieron prioridades y puntos de apoyo de la protección cervical.

“Los mecanismos de lesión, aunque en la mayoría de los casos son de tipo contundente, puede también ser resultado de ahogamiento, estrangulación, quemaduras, entre otros. Las lesiones pueden ser de aparición temprana o tardía, por lo tanto la clasificación de un daño en el cuerpo o la salud del individuo, derivado de un evento en tránsito, depende del establecimiento del nexo causal entre el accidente y la consecuencia anatomofisiológica... los indicadores propios de los análisis epidemiológicos muestran limitación de cálculo en el país, ya que la morbilidad o mortalidad poblacional por accidente de tránsito, debe ser el resultado de la combinación de parámetros relacionados con:

a- *la intensidad de exposición: no todos los habitantes de una región tienen igual exposición pues esta depende de los kilómetros y el tiempo recorrido.*

b- *El riesgo de accidente: entendido como la probabilidad de sufrir un accidente por unidad de exposición*

c- *Letalidad o proporción de defunciones entre el total de las víctimas.*

...la matriz de Haddon, describe ampliamente como en dichos eventos se pueden conjugar factores relacionados con los individuos, los vehículos, el ambiente y el entorno socioeconómico, en las fases de prechoque, choque y postchoque...Del análisis del impacto de esos programas de prevención, se derivan tesis como:

-El accidente de tránsito es una de las lesiones de causa externa de más fácil prevención, porque es posible implementar medidas una vez detectados ciertos factores de riesgo. Por ello, LA REDUCCIÓN DE LAS TASAS DE MUERTE Y LESIONES EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO ES UNO DE LOS GRANDES RETOS DEL DISEÑO DE POLÍTICAS EN SALUD PÚBLICA Y UNO DE SUS IMPORTANTES ÉXITOS.

-Intervenciones relacionadas con los factores mecánicos o ambientales, tales como vehículos con sofisticados sistemas de seguridad, diseños de ingeniería para la construcción de las mallas viales, esfuerzos en la señalización y refinamiento de las señales de tránsito, pueden tener mayor efectividad, pues no implica modelaciones conductuales más difíciles de alcanzar en corto plazo.”¹⁸

“La definición de accidentes extractada del Diccionario de la real academia de la lengua dice: "Suceso eventual o acción de la que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas"... Diversos estudios han identificado factores originados en los individuos en un 71 a 93% de estos eventos, por ejemplo: cómo se puede aducir accidentalidad cuando detrás del hecho se encuentra un conductor en avanzado estado de alicoramiento; un peatón que, justificado en la prisa, evade el uso del puente peatonal; un motociclista que viola un semáforo en rojo; un ciclista que no usa el casco de protección o el chaleco que le permite hacerse visible; un pasajero que permanece indiferente ante el exceso de velocidad de la persona que lo transporta. En todos estos ejemplos hay un individuo libre tomando una decisión racional.

¹⁸ Revista Forensis, Muerte y lesiones por accidentes de tránsito, Colombia, 2007, pág. 4 (208)

*... En cuanto a los factores humanos involucrados en la ocurrencia de los accidentes de tránsito, se guarda un lugar especial para el análisis de la conducción bajo el influjo de sustancias embriagantes alcohólicas y no alcohólicas. Conducir bajo los efectos del alcohol es responsable del 30 al 50% de los accidentes de tránsito que involucran muertes, 15 al 35% de los relacionados con heridos graves y sólo 10% de los sin lesiones. Esta situación ampliamente estudiada requiere un análisis a la luz de los preconceptos culturales que median en el consumo, evidenciados por ejemplo: en el aumento de la frecuencia de accidentes en épocas de vacaciones, fines de semana o cuando las personas reciben sus salarios.*¹⁹

*“Reconocer las diferencias y coincidencias aportaría sustancialmente en el diseño de las estrategias de prevención, donde más que modificaciones en la ingeniería vial o automotriz, se diseñarían sobre la plataforma de la interiorización y respeto de las normas. Además, las sanciones a quienes las transgredan, deberían orientarse a activar las fibras éticas o efectuarse a partir de la sanción simbólica y el control social, más que asociarse con elementos pecuniarios. La clave del éxito en la prevención de los accidentes de tránsito, radica en lo amplio del abordaje donde diversas disciplinas y responsables intervengan con su mirada multidisciplinaria y los esfuerzos provengan desde lo asistencial, lo legal o lo social. Así mismo, los aprendizajes en prevención en esta área, pueden dirigir los esfuerzos en aras de disminuir otras lesiones de causa externa...Estas frecuencias sugieren un promedio para el país de 15 muertes y 122 lesiones cada día y una muerte y 5 lesiones cada hora. En este sentido, encontramos una razón lesionados frente a muertos de 8:1, es decir que por cada víctima fatal, se presentan ocho víctimas no fatales... Es importante aclarar que estos cálculos parten del supuesto de que solo el 50% de los accidentes de tránsito son informados.*²⁰

*“...lo que se traduce en que por cada mujer afectada fatalmente por el fenómeno, lo hacen cuatro hombres...Se resalta como la diferencia de afectación de hombres y mujeres es más profunda en hechos fatales...De hecho, el 80% de las muertes registradas durante el año pasado por trauma de cráneo y el 88% de las originadas en trauma de cuello, fueron hombres.*²¹

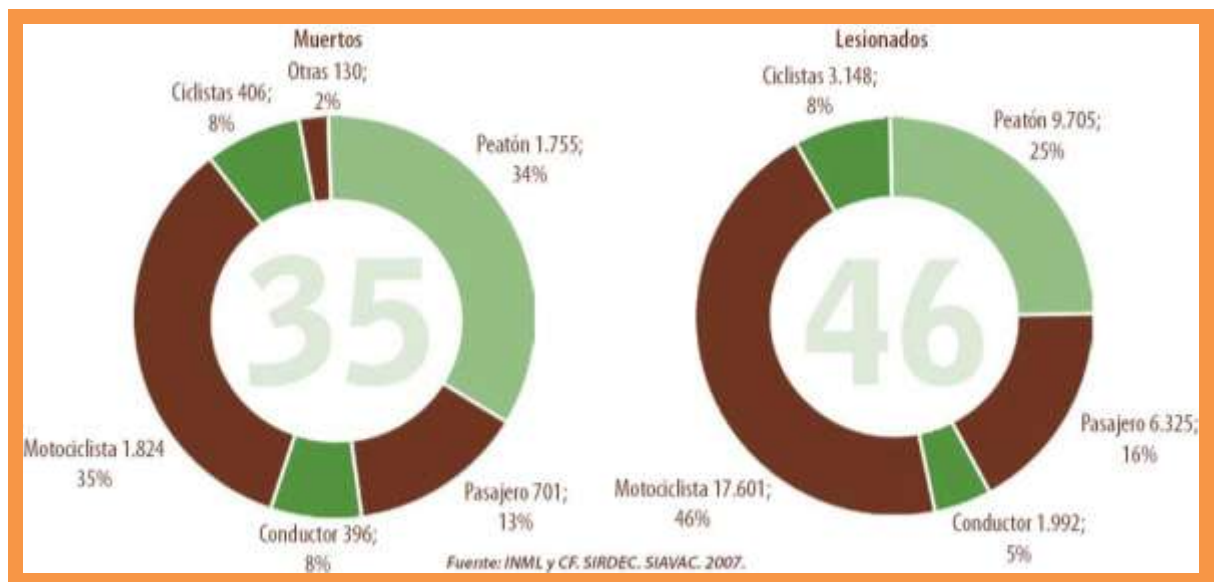
¹⁹ IBID, pág. 5(209)

²⁰ IBID, pág. 6(210)

²¹ IBID, pág. 7(211)

“En el 2007, 35% de los accidentes fatales involucraba motociclistas, y 46% de lesionados, siendo en ambos casos el más alto porcentaje, seguidos del peatón con 34% y 25% respectivamente. En resumen los motociclistas son un problema en claro aumento y se ven cada vez más involucrados en accidentes de importante gravedad. Frente a la accidentalidad de motociclistas y ciclistas es pertinente detectar si esta ocurre en condición de "parrillero" o pasajero. En el último año, 3,2% de los ciclistas muertos y 8% de los lesionados eran pasajeros, igualmente 21% de los motociclistas muertos y 27% de los lesionados compartían esta situación”²²

Figura 53. Muertos y lesionados en accidente de tránsito según condición de la víctima. Colombia 2007.



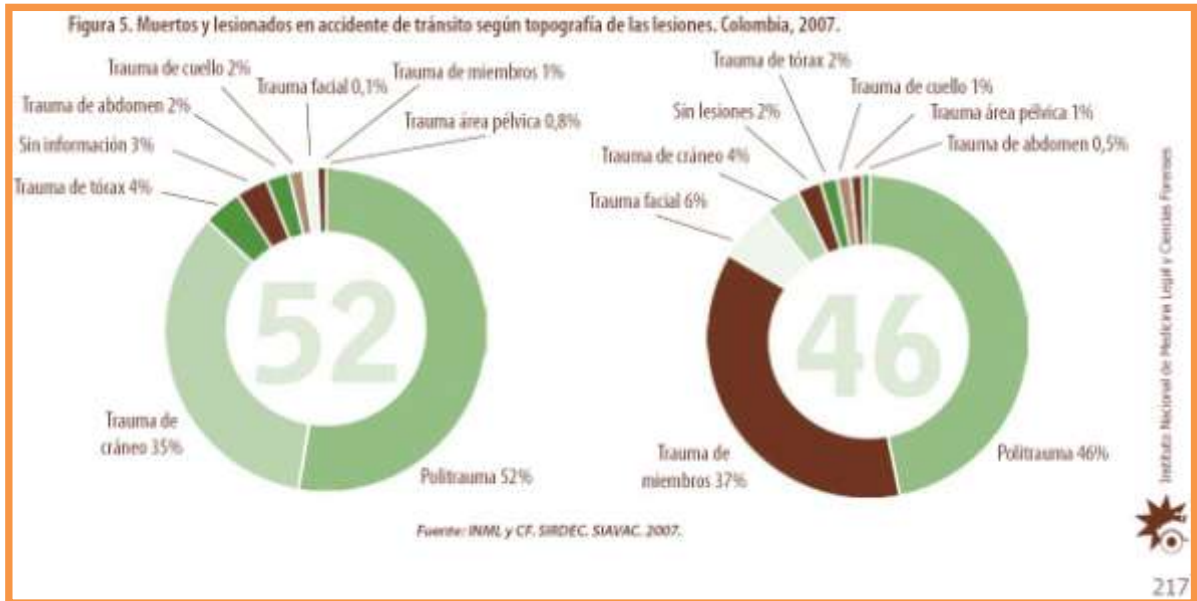
Fuente: Revista Forensis, Muerte y lesiones por accidentes de tránsito, Colombia, 2007

“Los accidentes de tránsito son eventos que producen politraumatismo o lesiones de gravedad que generan largos períodos de incapacidad, secuelas de carácter permanente y por ende importantes costos económicos y sociales. En hechos fatales el **poli-trauma**, entendido como el compromiso de más de un órgano o sistema, contabiliza el 52% de los casos y los traumas de cráneo 35%, en cambio, en las lesiones no fatales en tránsito, los traumas en miembros superiores o inferiores concentran el 37% de los casos y el poli-trauma el 47%.”²³

²² IBID, pág. 11(215)

²³ IBID, pág. 13(217)

Figura 54. Muertos y lesionados en accidentes de tránsito según tipografía de las lesiones.



Revista Forensis, Muerte y lesiones por accidentes de tránsito, Colombia, 2007

“Es importante el desarrollo de investigaciones que aborden a profundidad el accidente de tránsito, estratificando los estudios por grupos poblacionales, tipo de accidentes, condición de la víctima, abandonando las generalizaciones para profundizar en las especificidades de este fenómeno. Se debe orientar los diseños de políticas más al factor humano, el cual finalmente es determinante en la producción de la accidentalidad de tránsito. Insistiendo sobre la importancia del conocimiento, interiorización e integración de la norma para todos y cada uno de los usuarios de la vía. En este sentido, el componente normativo y punitivo debe reforzarse con elementos asociados al control social y la sanción moral. Los peatones siguen siendo vulnerados tanto en los hechos fatales como no fatales, sin embargo, es preocupante el compromiso mayoritario de los motociclistas, los cuales registran un aumento sostenido a lo largo de los años. El incremento en la accidentalidad de motociclistas puede provenir de la relativa fácil adquisición de los velocípedos desde el punto de vista económico y procedimental, como también de los mínimos controles implementados por las autoridades.”²⁴

De acuerdo con lo anterior, es debido, relevante y urgente el diseño de la protección cervical para motociclistas que pueda aportar a la reducción del índice de lesionados y muertos en accidentes de tránsito.

²⁴ IBID, pág. 39(243)

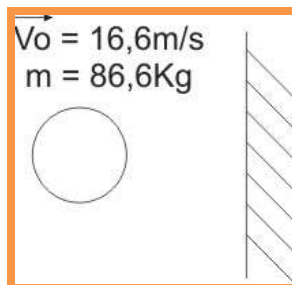
3.3. DETERMINACIÓN DE FUERZA DE IMPACTO

Se procedió a investigar y determinar las fuerzas de impacto para llevar a cabo la prueba de los modelos.

Un cuerpo de 86,6kg de peso (percentil 95²⁵) viaja a 60Km/h²⁶ y sufre un choque perfectamente inelástico contra una pared. ¿Cuál es la energía que absorbe el cuerpo?

Para el análisis, se tomó el cuerpo como una esfera, puesto que solamente es necesaria la energía puntual máxima que puede recibir el cuerpo en estas condiciones. Además, se calculó como un choque perfectamente inelástico por dos razones; la primera, en estas condiciones el cuerpo no recibiría mayor energía que siendo este tipo de choque. La segunda, respecta al coeficiente de restitución del cuerpo humano; pues *“Es extraordinariamente difícil utilizar este tipo de coeficientes indicadores con el cuerpo humano. La reacción, absorciones de energía, contusiones, incisiones o fracturas dependen de los huesos, masa muscular, órganos afectados o próximos, piel, etc., y su gran sensibilidad a cualquier variación hace que sea imposible tener la certeza pericial de que un determinado siniestro vaya a ocasionar indefectiblemente unos daños previsibles.”*²⁷

Figura 55. Diagrama de impacto.



Fuente: Elaborado por los Autores.

$$E = (1/2) (m) (v) ^2$$

²⁵ Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Julius Panero, pág. 85.

²⁶ velocidad máxima para motocicletas, Res. No. 318 de 2008 expedida por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

²⁷ <http://cita.es/textos/recons.html>, Reconstrucción pericial de siniestros, Miguel Ángel Gallardo Ortiz

Donde E, es la energía que recibirá el cuerpo después del impacto; m es la masa y v es la velocidad.

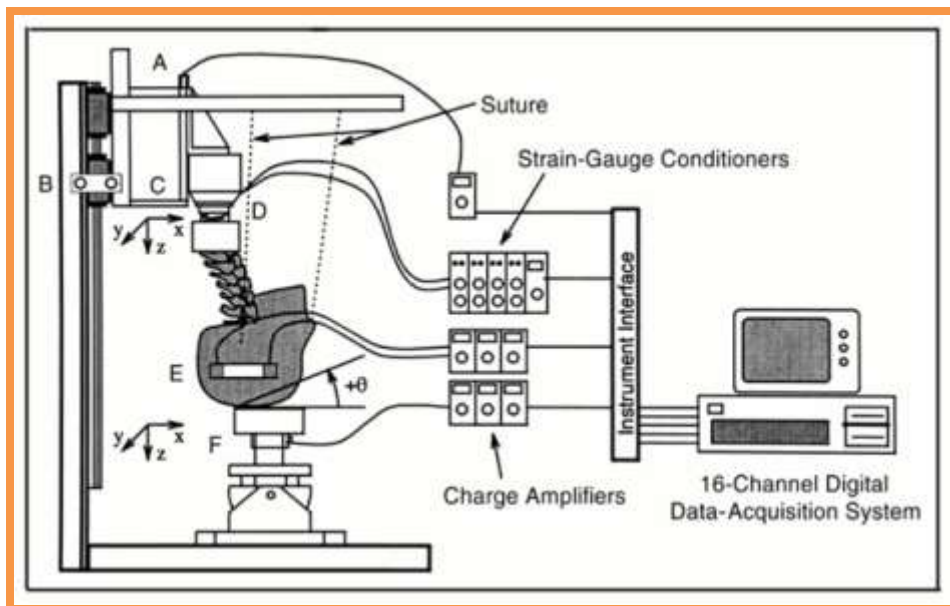
$$E = (1/2) (86,6\text{kg}) (16,6\text{m/s})^2$$

$$E = 11931,748 \text{ Joules}$$

Sin embargo, es necesario analizar la reacción del cuerpo a ésta energía, pues la idea no es realizar una protección que resista un impacto que haría que el usuario falleciera. Por lo cual se pretende determinar en términos cervicales, la energía máxima que puede ser soportada y de esta forma establecer la que impactará las protecciones que sean diseñadas.

En el experimento realizado por *The journal of bone and Joint Surgery*, “Experimental Impact Injury to the Cervical Spine: Relating Motion of the Head and the Mechanism of Injury (Lesión experimental de impacto de la columna cervical: movimiento relativo de la cabeza y el mecanismo de lesión.)” utilizaron una máquina que ejercía presión en 6 ejes.

Figura 56. Máquina de pruebas del “Experimental Impact Injury to the Cervical Spine: Relating Motion of the Head and the Mechanism of Injury”



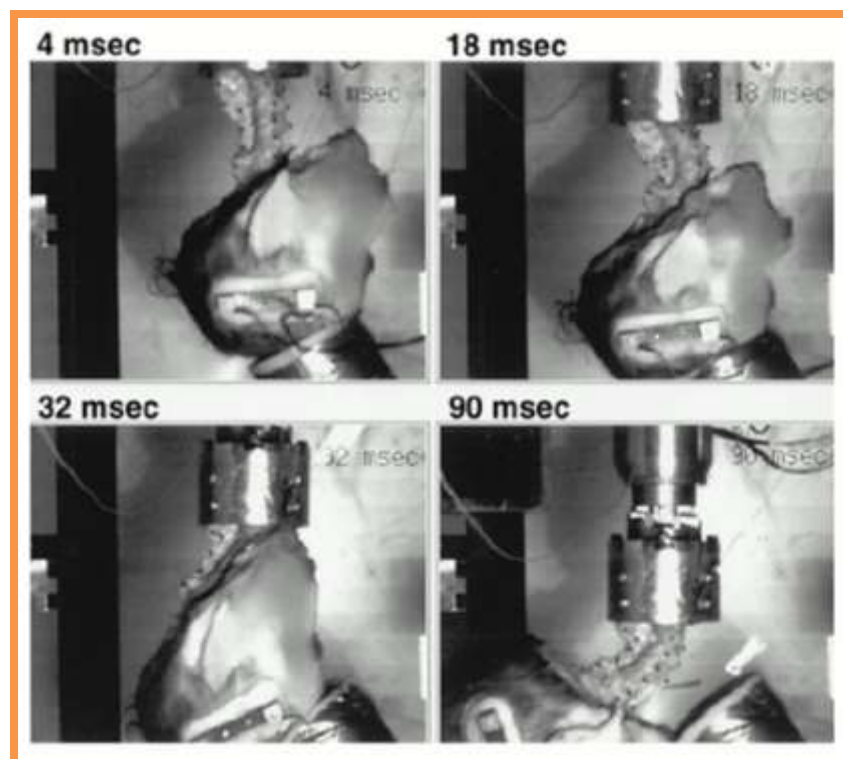
Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbs.org/>. Consultado: 2009.

Los 11 especímenes (cadáveres) se embalsamaron y se les removió los músculos de la zona cervical por dos razones. La primera es que en este caso no harían ningún tipo de esfuerzo por lo cual se consideran innecesarios; y la segunda fue para poder observar el desplazamiento de la zona cervical durante las pruebas.

Los especímenes fueron radiografiados en la zona cervical antes y después de las pruebas; además tuvieron un proceso de revisión médica para determinar la fiabilidad de los cadáveres. Entre varias observaciones se encuentran: ausencia de malformaciones, exámenes de VIH, osteoporosis, etc. Posteriormente fueron llevados a una cámara húmeda para prevenir la deshidratación y allí se reemplazaron la primera y segunda vértebra por cuerpos en resina que se aproximaran al máximo a la dureza y geometría de las mismas. Se fotografiaron y se procedió a la prueba.²⁸

Los resultados fueron los siguientes:

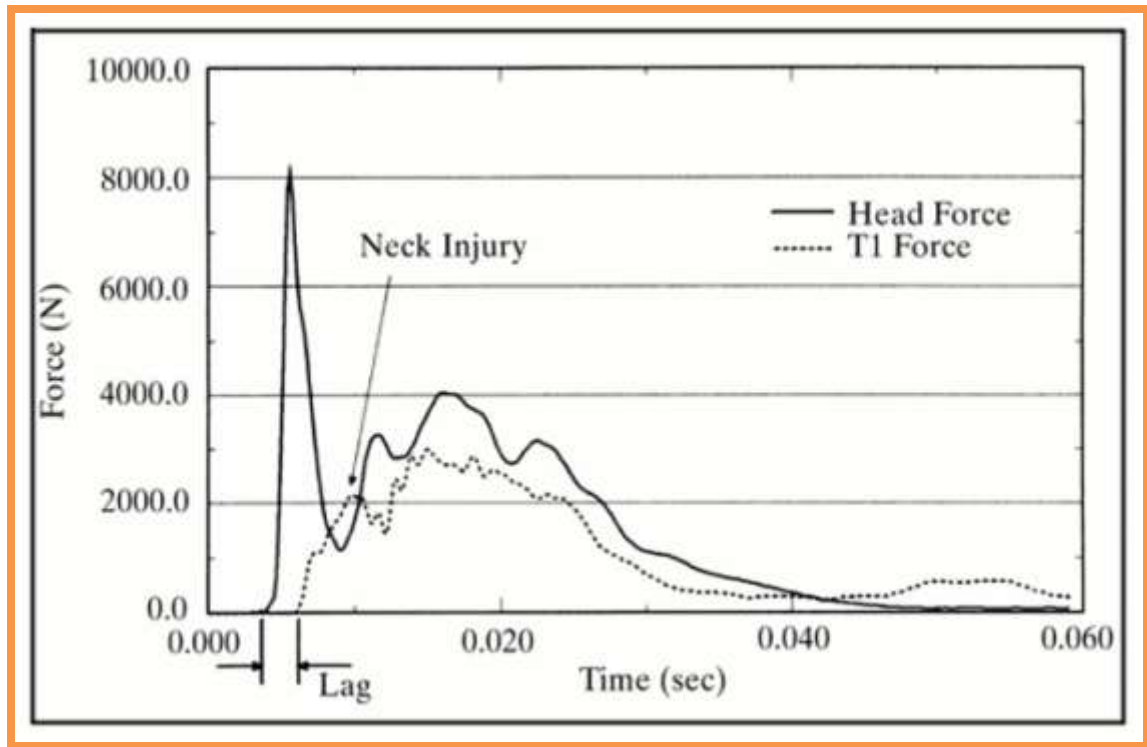
Ilustración 57. Cuadro de imágenes del impacto.



Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbjs.org/>. Consultado: 2009.

²⁸ <http://www.ejbjs.org/cgi/content/full/78/3/412#T01>, Experimental Impact Injury to the Cervical Spine: Relating Motion of the Head and the Mechanism of Injury. The journal of bone and Joint Surgery.

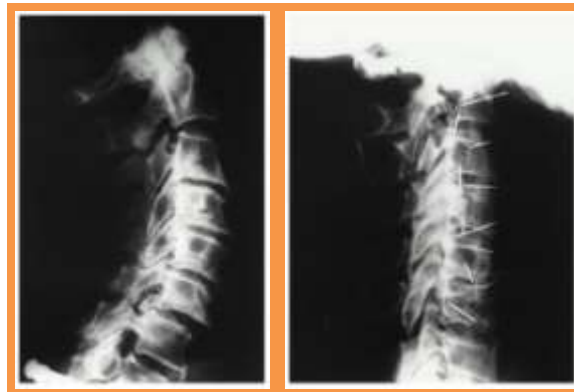
Tabla 13. Resultados de impacto soportados por la cabeza y la primera vértebra.



Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbjs.org/>. Consultado: 2009.

De acuerdo con la tabla anterior, la línea punteada (T1) corresponde a la primera vértebra cervical y la línea continua corresponde a la cabeza. Notamos que la primera vértebra logra alcanzar los 3000 N (Newton) de fuerza antes de sufrir aplastamiento o fractura, mientras que la cabeza logra aguantar una fuerza de 8000 N.

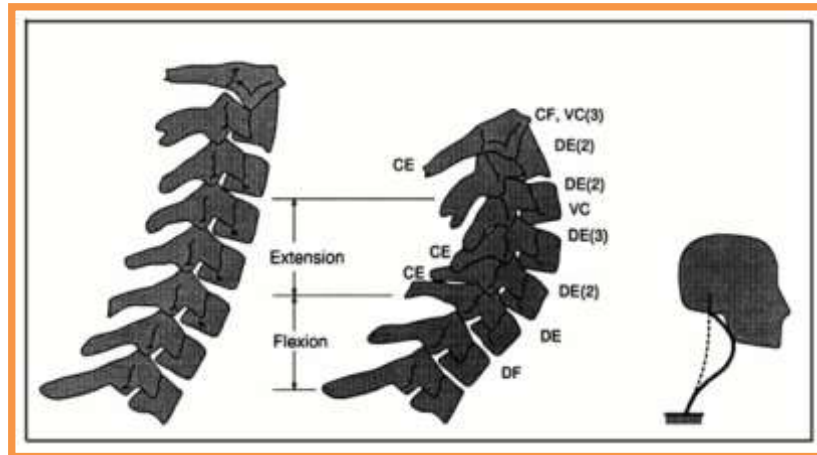
Ilustración 12. Radiografías después de las pruebas de impacto.



Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbjs.org/>. Consultado: 2009.

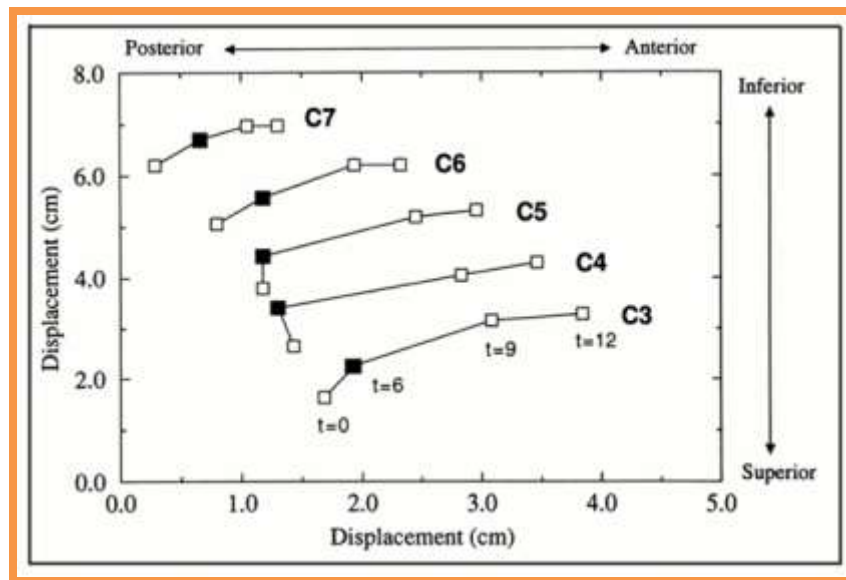
En las radiografías se pudo observar las lesiones que se produjeron, en las cuales, las más evidentes son las luxaciones bilaterales de facetas en los niveles cervicales sexto y séptimo y ocurrieron entre los 2.2 y los 8.3 milisegundos después del impacto con la primera superficie de contacto.²⁹

Figura 58. Deformaciones cervicales en el impacto.



Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbs.org/>. Consultado: 2009.

Tabla 14. Desplazamiento de vértebras durante el impacto.



Fuente: Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbs.org/>. Consultado: 2009.

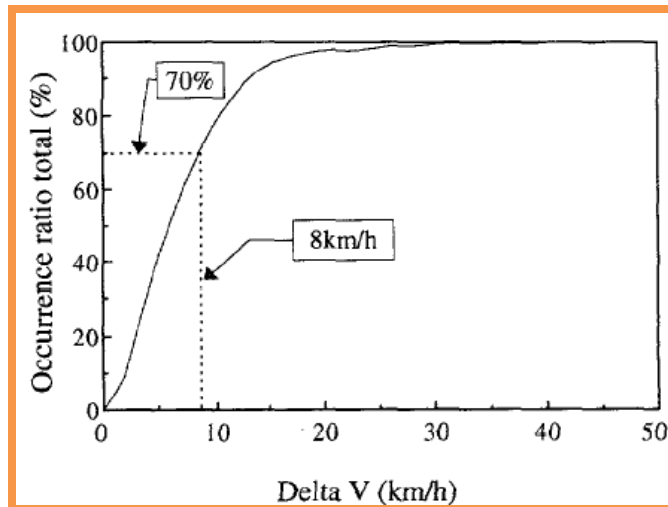
²⁹ IBID

Se observó que se produce tanto compresión como flexión en la zona cervical; además la gráfica de desplazamiento nos da una idea clara de las vértebras más propensas al desplazamiento. Por otro lado, un estudio similar en el cual se utilizaron 15 cadáveres, obtuvo los siguientes resultados:

- Máximas fuerzas soportadas por la columna cervical: $278 \text{ N} \pm 90$.
- Discos intervertebrales: $569 \text{ N} \pm 54$
- Cráneo hasta vertebra T3: $1555 \text{ N} \pm 459$,
- Cadáveres humanos intactos sometidos a impactos en diferentes secciones: $3373 \text{ N} \pm 464$.³⁰

Por último, se determinó que un accidente puede ser fatal a 20 km/h en un experimento con Dummy a baja velocidad con impactos traseros para observar el comportamiento del latigazo cervical.

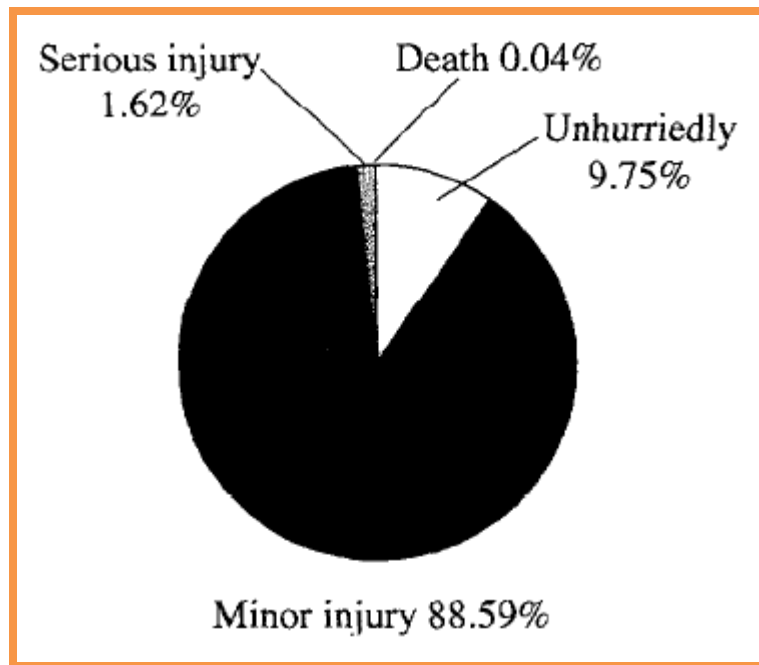
Tabla 15. Porcentaje de daño vs la velocidad del impacto.



Fuente: Developing experimental cervical dummy models for testing low-speed rear-end collisions.
Noboru Shiamoto

³⁰ Human head-neck biomechanics under axial tension, Department of Neurosurgery, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI 53226, USA.

Figura 59. Porcentajes de daños después de los impactos.



Fuente: Developing experimental cervical dummy models for testing low-speed rear-end collisions.
Noboru Shiamoto.

Se observó que a tan solo 8km/h puede ocurrir un daño del 70% en la zona cervical debido a los movimientos generados por el latigazo cervical. Además se concluyó de la figura anterior que el 88,59% de los casos evaluados obtuvieron un daño mínimo.

Se decidió utilizar una fuerza aproximada a 3000 N como impacto mayor para realizar las pruebas de los modelos de las protecciones cervicales, debido a que se notó que esta es la máxima compresión soportada por la zona cervical. Por encima de esta fuerza se considerará un aplastamiento de órganos y por ende la muerte en el caso de una elevación del motociclista e impacto con un elemento rígido que simularía la compresión vertical.

3.4. COMPORTAMIENTO DEL USUARIO

El comportamiento del usuario al momento de la conducción, se hace importante ya que es posible que aporte datos relevantes respecto del movimiento y áreas de acción del motociclista en el momento del accidente o durante el uso de la protección cervical. Sin embargo, las diferentes reacciones que el usuario manifieste debido a estímulos, dependen de varios factores tales como el estrés, la atención que se lleve en el camino, la presencia de oficiales de tránsito sin previo aviso, la urgencia que lleve el motociclista, el clima, la interacción con conocidos (vehículo a vehículo), el estado de la vía por donde se esté transitando, entre otros, de los cuales algunos no pueden ser captados de ninguna manera, más que siendo el usuario mismo; pues ni una cámara, ni una encuesta, ni una observación de campo, tiempo después del suceso; nos puede ofrecer la información de lo que realmente el usuario quiso hacer durante ésta reacción; a menos que se entrevisten de forma rápida luego del accidente. Encontrar a estas personas luego del suceso inmediato es una limitante debido a la poca accesibilidad a estos procesos del tránsito.

Por lo anterior, nos remitiremos para este análisis a la Tesis Doctoral “FACTORES DE RIESGO DE MORTALIDAD Y MORBILIDAD EN ACCIDENTES DE TRÁFICO DE CICLOMOTORES Y MOTOCICLETAS” desarrollado en el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la UNIVERSIDAD DE GRANADA, y cuya autora es Carolina Donate López. Éste estudio se realizó en el 2006.

“1.2.3. EPIDEMIOLOGÍA ANALÍTICA DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO DE VDRM (Vehículos de dos ruedas motorizados)

Si se relaciona el parque de vehículos con el número de accidentes, el riesgo de VDRM de originar accidentes con víctimas es entre cuatro y nueve veces mayor que el de los automóviles (Horswill y Helman, 2003), incluso controlando por tiempo o distancia de exposición (Horswill y Helman, 2001). En este apartado se van a contemplar los posibles factores que justifican este riesgo desde una perspectiva global y, en particular, en relación con las variaciones en la exposición

y la accidentalidad de los VDRM. El efecto de los factores de riesgo sobre la severidad de las lesiones causadas como consecuencia del accidente, que es el objeto específico de estudio de esta Memoria de Tesis Doctoral, será tratado en profundidad en el apartado 2.2 de esta introducción.

a. Factores individuales

- Edad: Los estudios realizados sobre el efecto de la edad en los AT de VDRM ponen de manifiesto un incremento de la accidentalidad en los conductores más jóvenes (Horswill y Helman, 2001; Kopjar, 1999; Turner y McClure, 2003), existiendo en general un riesgo mayor en menores de 25 años (Rutter 1996). En 2002, más del 32% del total de las muertes por AT de ciclomotor y motocicleta se concentraron en este grupo de jóvenes (SafetyNet. National Technical University of Athens (NTUA), 2004). En principio, podría pensarse que dicho incremento del riesgo de accidentarse para los más jóvenes podría estar influido por su falta de experiencia; sin embargo, hay trabajos que controlan el efecto de dicho factor, demostrando que la asociación entre una menor edad y un incremento de accidentalidad no parece ser consecuencia de su inexperiencia (Rutter y Lyn, 1996). (...) Otros estudios constatan un incremento del riesgo tanto en los grupos de edad más joven como en los más mayores, siendo mayor en este último grupo, lo que da lugar a un patrón en J para la asociación entre edad y riesgo de accidentarse (Lardelli et al., 2005). En conjunto, podría decirse que, de forma similar a lo observado para los accidentes en general, el efecto de la edad sobre la accidentalidad para ocupantes de VDRM adopta un patrón en “U” (Elvik y Vaa, 2004).

-Sexo: Parece existir cierta unanimidad en cuanto a la asociación entre el sexo masculino y una mayor accidentalidad entre los ocupantes de VDRM (Lardelli et al., 2005, Turner y McClure, 2003, Horswill y Helman, 2001). Así, en 2002, más del 91% de los motociclistas y ciclomotoristas fallecidos en AT en la Unión Europea fueron varones (SafetyNet. National Technical University of Athens (NTUA), 2004), (...) Al margen de esta mayor exposición al riesgo, algunos autores enfatizan la mayor frecuencia de adopción de conductas de riesgo en los conductores varones (Turner y McClure, 2003) para explicar estas diferencias entre ambos sexos. Entre dichas conductas se encuentra el exceso de velocidad, con lo que parte del exceso de riesgo para los conductores varones podría explicarse por la relación

entre sexo masculino y la comisión de infracciones sobre la velocidad (Lardelli et al., 2005). Incluso entre las mujeres existe una percepción subjetiva de pertenecer a una categoría de riesgo de accidentalidad menor que los hombres, lo cual coincide con las estadísticas sobre AT, en particular en las conductoras de VDRM más jóvenes (Mannering et al., 1995).

- *Experiencia:* Aunque clásicamente la inexperiencia como conductor se ha asociado a un mayor riesgo de accidentalidad (Wong et al., 1990), existe cierta dificultad para diferenciar si dicho efecto se debe realmente a la inexperiencia o bien a algunos factores asociados, como una menor edad, la adopción de comportamientos de mayor riesgo, o la familiaridad con un tipo determinado de vehículo o vía, entre otros. En este sentido, Mullin et al. (2000) afirman que el efecto protector de un mayor número de años de experiencia en la conducción desaparece al ajustar por la edad y otros potenciales confusores, siendo la familiaridad con una determinada motocicleta la única variable determinante del efecto protector asociado a la experiencia (Mullin et al., 2000). (...) Pero a su vez, una mayor práctica en la carretera conlleva un cierto estilo de conducción más arriesgado, tendiendo a adoptar el ritmo de otros conductores en cuanto al seguimiento de normas informales más liberales que las reglas legales. Por otra parte, la percepción de riesgo de accidente por parte de los conductores de motocicletas disminuye conforme estos adquieren una mayor experiencia. Esto podría a su vez indicar un exceso de confianza en los conductores más adiestrados, que justificara su continua implicación en acciones que entrañaran mayor riesgo de accidentarse (Mannering et al., 1995).

- *Licencia:* Conducir un VDRM en ausencia de la licencia válida requerida según la ley se asocia a un riesgo significativamente mayor de implicarse en un AT. Además, dicho riesgo disminuye conforme aumenta el número de años en posesión de la licencia correspondiente (Lardelli et al., 2005). Por otra parte, el hecho de tener la licencia específica para conducir una motocicleta previene causar un AT incluso cuando se circula con un turismo, probablemente gracias a las habilidades adquiridas para controlar las acciones de los VDRM en circulación

(Magazzù et al., 2005). Igualmente, los conductores de motocicletas que además poseen el permiso de conducción de automóvil, tienen una menor probabilidad de resultar implicado en un AT (Lin et al., 2003).

- *Conductas de riesgo: Entre los factores de riesgo que incrementan la accidentalidad de las motocicletas se encuentran aquellos relacionados con el comportamiento del conductor, que determinan, entre otros, el viajar a mayor velocidad, adelantar con mayor frecuencia que los conductores de automóviles e introducirse en reducidos espacios en el tráfico, aunque podrían contribuir otros factores como la mayor vulnerabilidad física y el comportamiento de otros usuarios de la carretera. Sin embargo, el comportamiento del conductor parece ser una característica específica del hecho de conducir una motocicleta, más que algo dependiente de la personalidad específica de cada conductor. Por otra parte, parece que, una vez que se ha controlado el efecto confusor de los factores demográficos entre motociclistas y conductores de turismos, el efecto de los factores dependientes de la personalidad del conductor sobre la accidentalidad es poco relevante (Horswill y Helman, 2001 y 2003).*

-*Uso de elementos que aumentan la visibilidad: Se ha demostrado que el empleo de elementos que aumenten la visibilidad del ocupante del VDRM pueden reducir considerablemente el riesgo de sufrir un AT. Algunos de estos elementos son el empleo de ropa reflectante y de cascos de color blanco; su uso puede llegar a asociarse a una disminución del riesgo de accidentalidad del 37% y 24% respectivamente (Wells et al., 2004).*

-*Alcohol y drogas: La presencia de alcohol en sangre y su relación con la accidentalidad vial ha sido ampliamente estudiada. En general se asocia al riesgo de sufrir un AT en la conducción de cualquier tipo de vehículo. En el caso de los VDRM, no sólo se encuentra un riesgo incrementado cuando los niveles de alcohol en sangre son elevados, sino que se ha hallado una mayor accidentalidad para los conductores de motocicletas consumidores habituales de alcohol durante el mes previo al accidente (Lin et al, 2003). Resulta difícil establecer con exactitud la relación entre la cantidad de alcohol en sangre y el aumento del riesgo que cada cifra entraña. Dicho incremento de riesgo puede llegar a ser casi de nueve veces cuando se conduce bajo los efectos del alcohol, documentado por un test positivo al mismo (Lardelli et al., 2005). Algunos autores estiman un riesgo cinco veces mayor cuando el nivel de alcohol en sangre es mayor de cero y hasta cuarenta veces superior cuando la cantidad de alcohol en sangre excede los 0,05 g/dl (Haworth et al., 1997).*

Por su parte, el consumo de drogas ilegales se encuentra presente en mayor proporción en los motociclistas accidentados, y en ocasiones asociado al consumo de alcohol. En conductores de VDRM jóvenes accidentados se relaciona el consumo de alcohol y drogas ilegales (principalmente marihuana) en las 12 horas previas al accidente. En conductores mayores, son los medicamentos de prescripción (especialmente antidepresivos) los que se encuentran mayoritariamente asociados al consumo de alcohol (Haworth et al., 1997).

b. Factores del vehículo

-Cilindrada: Según algunos estudios, existe una asociación entre conducir una motocicleta de gran cilindrada y sufrir un AT, siendo el riesgo mayor cuando la potencia de la motocicleta supera los 750 cc (Haworth et al., 1997).

- Luces: Al igual que ocurre con los elementos que permiten una mayor visibilidad de los ocupantes del VDRM, aquellos que mejoran la visibilidad del vehículo, como llevar la luz delantera encendida incluso durante el día, pueden llegar a disminuir en un 27% el riesgo de sufrir un AT (Well et al., 2004).

- En relación con factores relativos al estado del vehículo como su antigüedad, la existencia de defectos en el mismo previos al accidente o la realización de inspecciones periódicas, no hemos encontrado estudios que relacionen estas variables específicamente en VDRM con su accidentalidad.”

3.5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS (QFD)

Para definir los parámetros de diseño, además de tener en cuenta los análisis previos, es necesario tener en cuenta al usuario para esto. Por esto, se realiza el test S.C.A.M.A.E.I. y se lleva a cabo la matriz de relaciones (QFD), que cruzará los aspectos importantes para el usuario con los aspectos primordiales de diseño, a fin de obtener un claro orden de prioridades en el diseño del prototipo.

3.5.1. Test S.C.A.M.A.E.I.

Preguntas:

¿Le parece el casco para motocicletas un elemento de seguridad cómodo?

Si _____ No _____

¿Qué le incomoda del casco para motocicletas?

¿Qué le puede sustituir o cambiar por algo conocido?

¿Qué características se pueden combinar?

¿Qué parte del producto podría cambiar?

¿Con qué la podría intercambiar?

¿Qué parte del producto podría eliminar?

¿Cómo se imagina un casco para motociclistas ideal?

¿Cómo le gustaría que se asegurara el casco?

¿Qué es indispensable que tenga un casco?

¿Qué elementos considera importantes a la hora del uso del casco?

¿Cree necesaria una protección cervical?

¿Cómo se imagina una protección cervical para usuarios de motocicletas? (grande, pequeña, aparatosa, cómoda, fácil de usar, oscura, clara, personalizada, etc.)

Resultados

Sustituir por algo conocido

Visera, Gafas integradas, Protección contra agua, Oculta al levantarse, Protección sol / Transition, Carcasa, Canales de ventilación, Tapaboca, Ajustable, Salida voz
Mejorar enganche.

Combinar / Intercambiar

Broche más resistente / Correa, Visera, Opacidad / Transparencia, Gafas / Ensamble, Forma cabeza / Ajuste.

Eliminar

Visera móvil, Correa, Volumen, Carcasa pesada y cerrada, Mala limpieza, Disminución auditiva, Espacio orejas, Tamaño no es ajustable

Adaptar / Modificar Alternativas / Invertir Usos

Casco Ideal

Liviano, Buena visibilidad, Ventilado, Resistente, No despeine, No paso de agua, Visera no se baje, Portable, Seguro, Fácil de quitar y guardar, Tapaboca filtro entrada aire, Visera Transition, Aerodinámico, Ergonómico, Tela térmica, lavable e intercambiable, Mejor audición, Método de sujeción, Automático, Lugar diferente al cuello, Que no ahorque, Metálico, Que sea parte rígida del casco, Punta quijada (soporte), Indispensable e importante, Protección facial y cráneo, Buen material, Acolchado, Seguridad, comodidad, Agarre Anatómico, Protección nariz, Entrada aire frontal, Ángulo de visión, Interior cómodo, Asegurada casco, Proteja cuello, Visera, Amortiguación impacto, Cubrimiento zonas importantes.

Protección cervical

Que no intervenga con la ventilación, Inflable, Pequeña, Fácil de usar, Personalizada, Cubrir cuello y nariz

Respecto del análisis anterior y sumado al estudio de tendencias, podemos obtener un esquema general de las necesidades del usuario. Este esquema será utilizado como VOC (voice of client) para realizar la HOQ (House of Quality) y obtener los requerimientos de diseño.

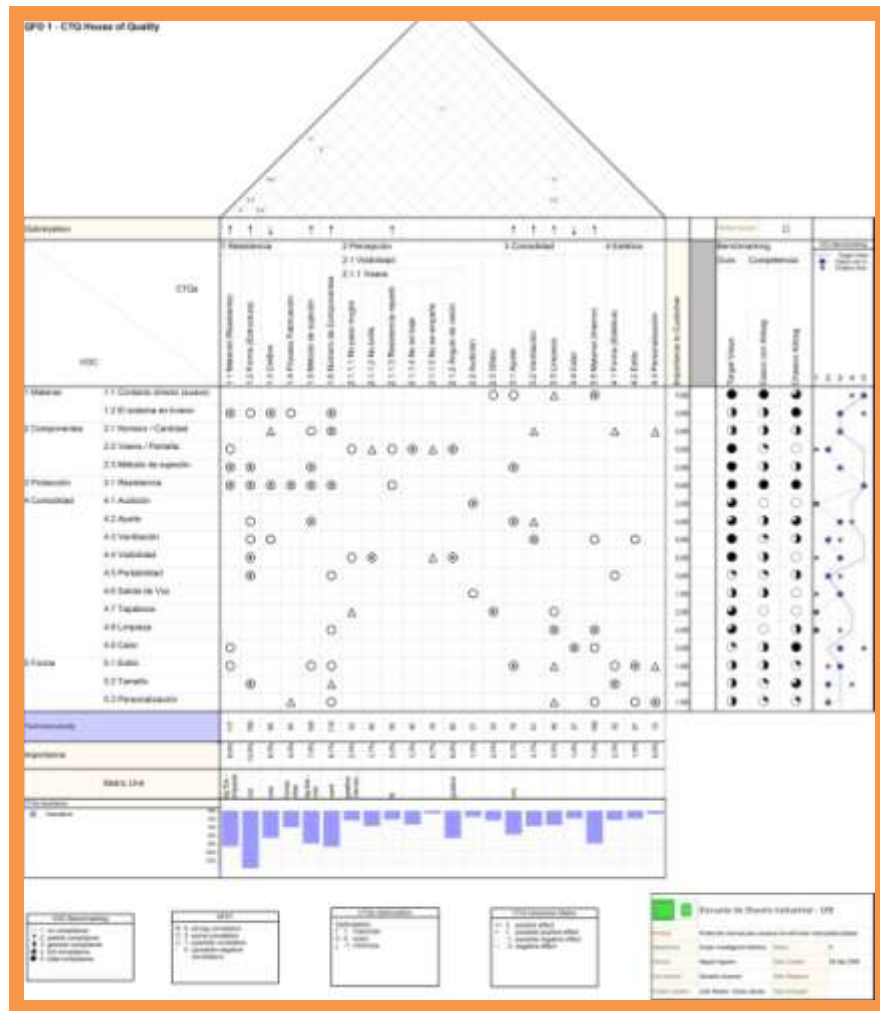
Necesidades del Usuario

Material, Contacto directo (suave), El sistema es liviano, Componentes, Número / Cantidad, Visera / Pantalla, Método de sujeción, Protección, Resistencia, Comodidad, Audición, Ajuste, Ventilación, Visibilidad, Portabilidad, Salida de Voz, Tapaboca, Limpieza, Calor, Forma, Estilo, Tamaño, Personalización.

3.5.2. Matriz de relaciones (QFD)

Se realizó la siguiente matriz con el fin de relacionar la voz del cliente con los requerimientos del proyecto.

Tabla TT. Matriz de relaciones (QFD)



Fuente: Elaborado por los Autores.

Para mayor claridad, la tabla se puede observar a un mejor tamaño en los anexos del libro.

3.6. RECOPIACIÓN.

De acuerdo con la matriz de relaciones (QFD), los resultados de los requerimientos de diseño, en orden de importancia son los siguientes:

13,8% - Forma (Estructura)

8,7% - Número de Componentes

8,6% - Material (Resistente)

7,9% - Método de sujeción

7,9% - Material Interno

6,6% - Ángulo de visión

6,5% - Calibre (Material)

5,7% - Ajuste

4,0% - Proceso de fabricación

3,7% - Ventilación

3,7% - No brille (visera)

3,5% - Limpieza

3,3% - No se baje (visera)

2,4% - No paso mugre (visera)

2,4% - Olfato

2,3% - Forma (Estética)

2,2% - Resistencia al rayado

1,9% - Calor

1,9% - Estilo

1,5% - Audición

0,8% - Personalización

0,7% - Que no se empañe (visera)

100% - Total

De esta forma encontramos la lista de requerimientos que regirán los procesos de creación y evolución de las ideas planteadas para la solución del problema respecto de las necesidades que el cliente planteo en las encuestas y análisis previos (VOC). Algunos elementos cómo la visera o pantalla de protección fueron incluidas dentro del análisis de la matriz puesto que eran elementos que se debían tener en cuenta en el Benchmarking; pero al trasladarlos a los requerimientos son excluidos pues hacen parte directamente de los cascos y no de la protección cervical como tal.

3.7. REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS

1. El sistema protege la zona cervical.

- Energía Impacto: 3080 N (Newton)

2. El sistema no permite la hiperflexión de la zona cervical del usuario.

- Rotación Plano Transversal: 45° a cada lado del Plano Sagital.
- Rotación Plano Sagital: 30° a cada lado del Plano Frontal.
- Rotación Plano Frontal: 40° a cada lado del Plano Sagital.

3. El sistema cumple con características ergonómicas relacionadas con el confort del usuario.

- Antropometría: ángulos óptimos de movimiento.
- Confort: Peso (500gr).

4. El diseño del sistema se desarrollará con base en un estudio biónico.

- Desarrollar una metodología de análisis biónico.
- Analizar y adaptar una estructura natural al sistema de protección cervical.

4. FASE CREATIVA

La realización de esta fase se llevó a cabo con el fin de establecer las geometrías de la estructura interna de las alternativas a las cuales se les realizó la prueba de impacto.

4.1. ANÁLISIS BIÓNICO

Este análisis comprende la observación e investigación que se realizó con respecto a una estructura natural de la cual se desarrollaron las propuestas de diseño.

4.1.1. *Armadillium opacum* “Cochinilla”

4.1.1.1. Análisis

Granulatum *Armadillidium*

Orden: Isópoda

Reino: Animalia

Suborden: Oniscidea

Phylum: arthropoda

Familia: *Armadillidiidae*

Subphylum: Crustacea

Género: *Armadillidium*

Clase: Malacostraca

(Brandt, 1833)³¹

³¹ Brandt 1833; abreviatura utilizada para citar el nombre del naturalista alemán Johann Friedrich von Brandt, quien recopiló información sobre las especies más comunes encontradas en las islas británicas.

Ilustración 13. Cochinilla regresando a su posición original.



Fuente: Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009

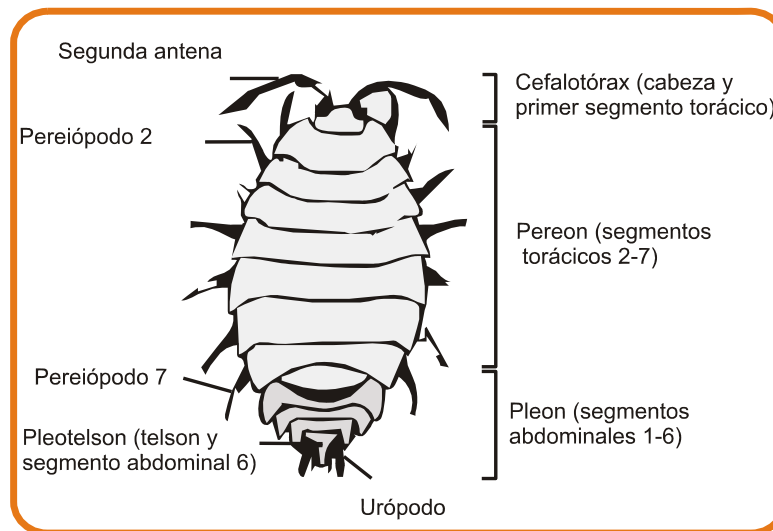
El *Armadillidium vulgare* es la especie más abundante en Europa y se ha introducido en todo el mundo. Los isópodos son uno de los grandes órdenes de crustáceos; las casi 4000 especies descritas son casi todas marinas. Exceptuando algunas terrestres, las cochinillas de humedad o “bichos de bola” pertenecientes al género *Armadillidium* por lo general se alimentan de musgo, algas, corteza y otra materia orgánica en descomposición. Se caracterizan por su capacidad para rodar en forma de bola cuando se les molesta, pues su exoesqueleto presenta una forma de acordeón que les facilita este enrollamiento. Se encuentran generalmente en áreas húmedas.

A diferencia de otros artrópodos como insectos y arañas, las cochinillas no tienen una cutícula cerosa para reducir la evaporación de la humedad de sus cuerpos. Las Cochinillas también utilizan branquias, llamadas pseudotrachea, para la respiración, y las agallas deben permanecer húmedas para funcionar. Las Cochinillas suelen vivir dos o tres años, las hembras crían sus huevos una o dos veces cada verano. Varios cientos de huevos crecen en el marsupio, un bolsillo en la parte ventral de la cochinilla femenina. El marsupio también debe mantenerse lleno de agua hasta que nazcan y se arrastren por si solos. Las

cochinillas de humedad son los únicos crustáceos con desarrollo directo, es decir, sin fase de larva; esto se debe a su vida en tierra firme, que les impide tener hábitos reproductores que necesitan condiciones más húmedas

Los isópodos presentan el cuerpo aplanado dorso-ventralmente que carece de caparazón. Miden aproximadamente 10 y 12 mm .La cabeza, con forma de escudo, se encuentra fusionada con el primero o los dos primeros segmentos torácicos formando así el cefalotórax; las antenas primarias son unirrámeas y cortas, vestigiales en las especies terrestres; los ojos compuestos son sésiles. El tórax tiene un par de macilípedos y siete pares de pereiópodos usados en la locomoción. El abdomen, indiferenciado del tórax en vista dorsal, tiene los dos primeros segmentos más o menos fusionados al tórax y algunos de los finales pueden fusionarse con el telson; algunos de sus apéndices funcionan como branquias.³²

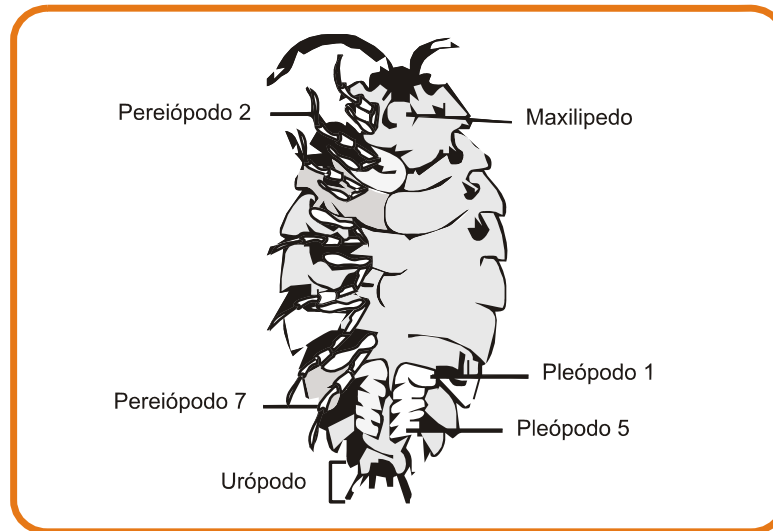
Figura 60. Vista dorsal de un isópodo



Fuente: Elaborado por los autores.

³² Naturaleza cantábrica, Asturnatura. En: www.asturnatura.com. Consultado: 2009

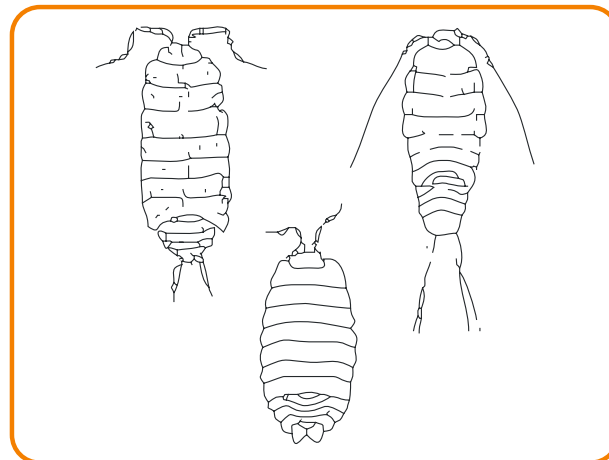
Figura 61. Vista ventral de un isópodo



Fuente: Elaborado por los autores.

Oniscidea: todos son terrestres. A este grupo pertenecen las cochinillas de la humedad, que se hacen una bola al ser molestadas. Primeras antenas diminutas, vestigiales.

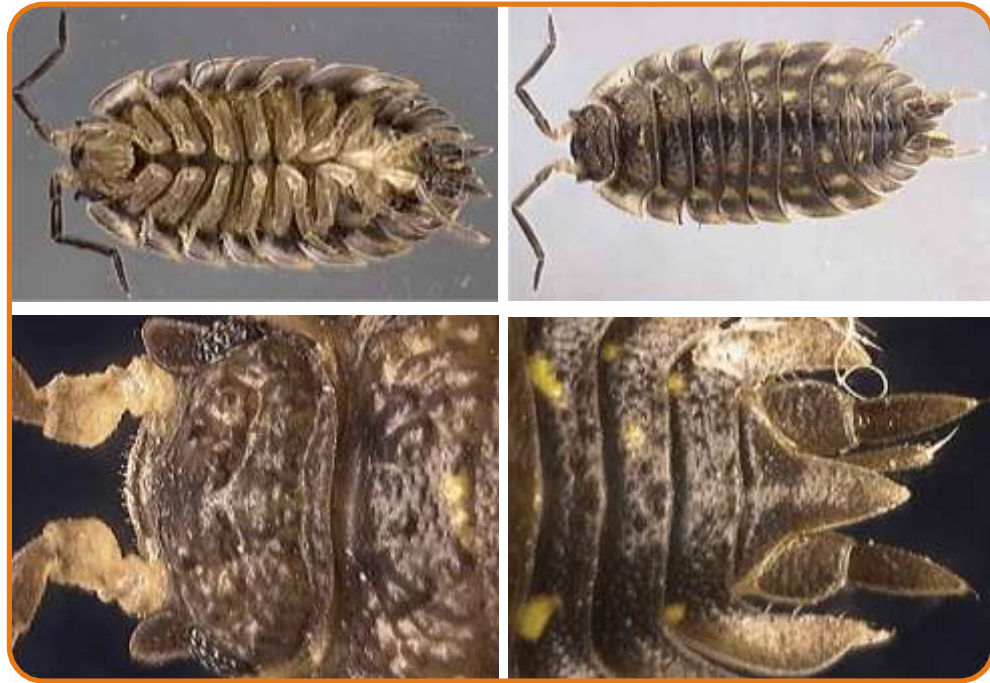
Figura 62. Clasificación por suborden Oniscidea



Fuente: Elaborado por los autores.

4.1.1.2. Imágenes *Armadillium opacum* “cochinilla”

Ilustración 14. Macrofotografías de la cochinilla en cuerpo completo y sus extremidades.



Fuente: Micropics, Close-up pictures at high magnification. En: <http://micropics.org.uk/>. Consultado: 2009

Ilustración 15. Macrofotografías de la cochinilla en posición defensiva.



Fuente: Calphotos, collection of nature around the world. En: calphotos.berkeley.edu. Consultado: 2009

Ilustración 16. Macrofotografías de la cochinilla en su hábitat natural



Fuente: Calphotos, collection of nature around the world. En: calphotos.berkeley.edu. Consultado: 2009

Ilustración 17. Macrofotografía de la cochinilla enrollada



Fuente: Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009

Ilustración 18. Macrofotografía de cochinillas



Fuente: Calphotos, collection of nature around the world. En: calphotos.berkeley.edu. Consultado: 2009

4.1.2. Glomeris Marginata “milpiés píldora”

4.1.2.1. Análisis

Reino: Animalia

Phylum: arthropoda

Clase: Diplopoda

Orden: Glomerida

Familia: Glomeridae

Género: Glomeris

Especie: G. marginata

Nombre binomial: Glomeris marginata; Oniscus marginata

(Villers 1789)

Ilustración 19. Milpiés, *Glomeris marginata*



Fuente: Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009

Marginata *Glomeris* crece hasta 20 mm de largo y 8mm de ancho, y está cubierta por doce platos dorsales negros con bordes blancos. Cada segmento, excepto los de la parte delantera y trasera tiene dos pares de patas, con alrededor de 18 pares en total.³³

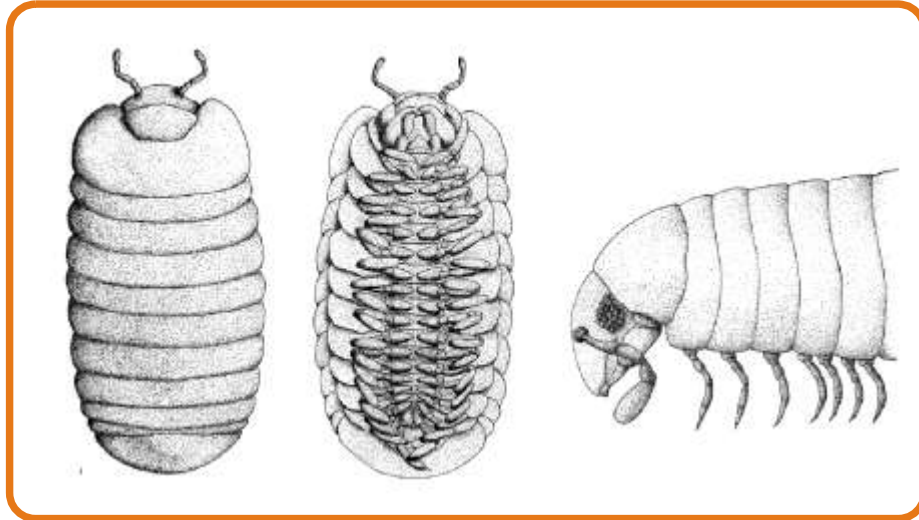
Esto distingue al milpiés píldora de cochinillas píldora, los cuales son llamados "cochinillos" – cochinillas, tiene 7 pares de patas, uno por cada segmento del cuerpo, mientras que los milpiés tienen más parejas, y con dos pares para cada segmento del cuerpo aparente.

Una bola, *G. marginata*, se puede distinguir de un rollo de cochinilla píldora por la asimetría de la pelota al rodar; la esfera de la cochinilla píldora es más perfecta.³⁴ La cutícula es también más oscura y brillante, y las antenas son más cortas. La *glomeris marginata* produce una sustancia química nociva para espantar a los depredadores potenciales, como muchos milpiés.

³³ Stuart M. Bennett (2000), Casual Intruders. En: www.the-piedpiper.co.uk. Consultado: 2009.

³⁴ "Datos *Glomeris marginata* (Villers, 1789)" Especie. Nacional de Biodiversidad Red Diccionario. Museo de Historia Natural. En: nbn.nhm.ac.uk/. Consultado: 2009.

Figura 63. Vista dorsal, lateral y ventral de la Glomeris Marginata



Fuente: Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009

4.1.2.2. Imágenes Glomeris Marginata “milpiés píldora”

Ilustración 20. Glomeris marginada enrollada



Fuente: Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009

Ilustración 21. Glomeris marginada en su habitad natural



Fuente: Naturaleza del norte de Westfalia. En: www.natur-in-nrw.de/. Consultado: 2009

Ilustración 22. Armadillium vs Glomeris marginata



Fuente: Thailand Fish & Nature Explorer. En: <http://www.siamensis.org/>. Consultado: 2009

Se decidió trabajar la geometría con ambas especies el *Armadillidium opacum* y la *Glomeris marginata*, debido a que su defensa contra depredadores es similar y sus diferencias son relevantes, los datos más importantes del animal están representados en su estructura y en la distribución de su exoesqueleto que le brinda un cierre circular para la protección ventral, obteniendo una mejor resistencia por ser de doble curvatura circular.

4.1.3 Análisis formal

Ilustración 23. Glomeris marginata enrollada



Fuente: Travel Pictures. En: travel.mongabay.com/. Consultado: 2009

Ilustración 25. Armadillidium enrollada



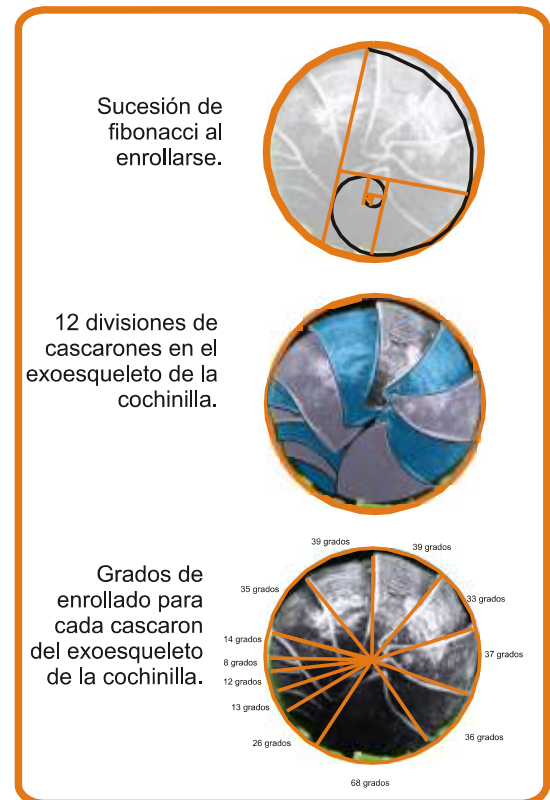
Fuente: Arkive, Images of life on earth. En: www.arkive.org/. Consultado: 2009

Ilustración 24. Proporciones Glomeris Marginata enrollada



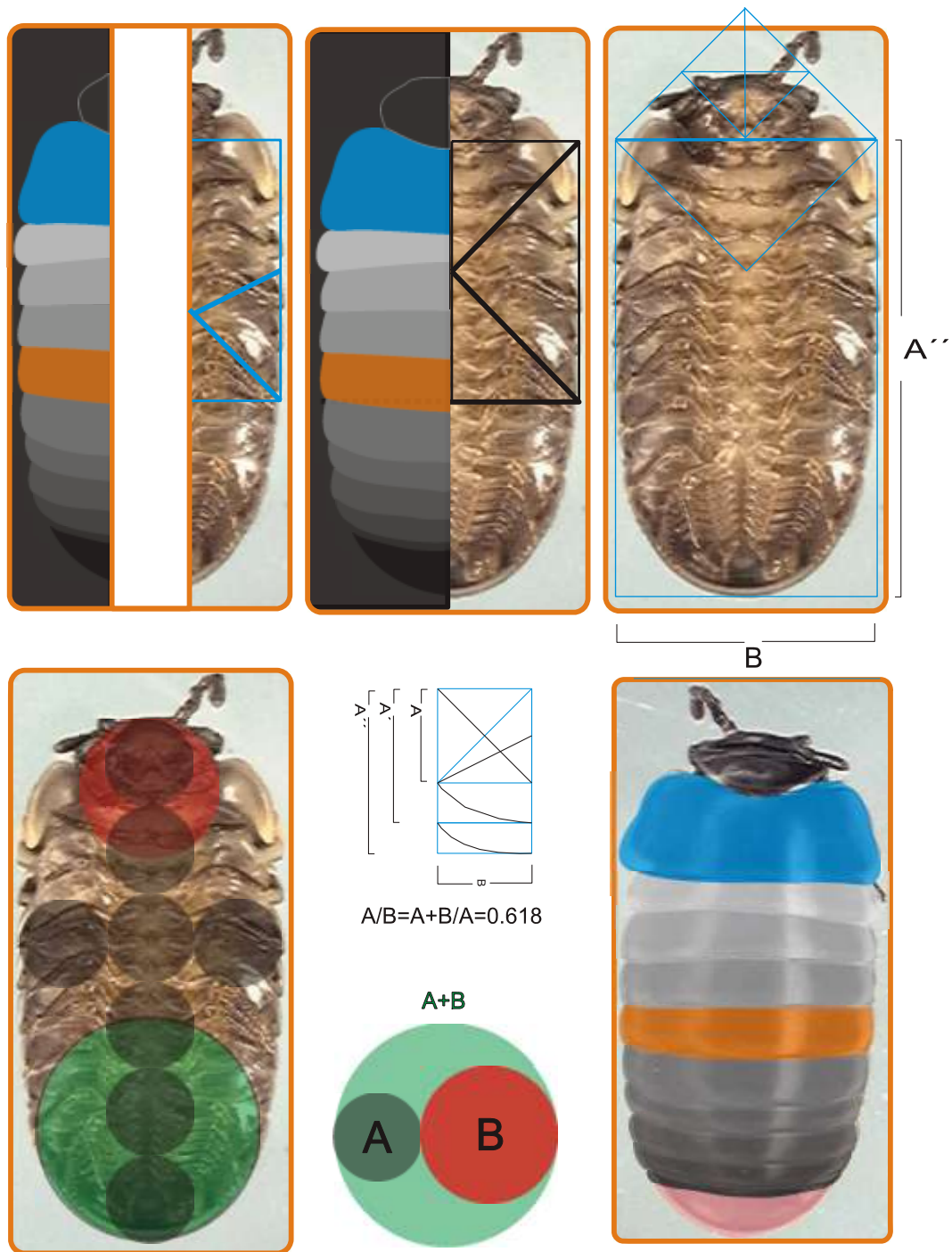
Fuente: Elaborado por los autores

Ilustración 26. Proporciones Armadillidium enrollada



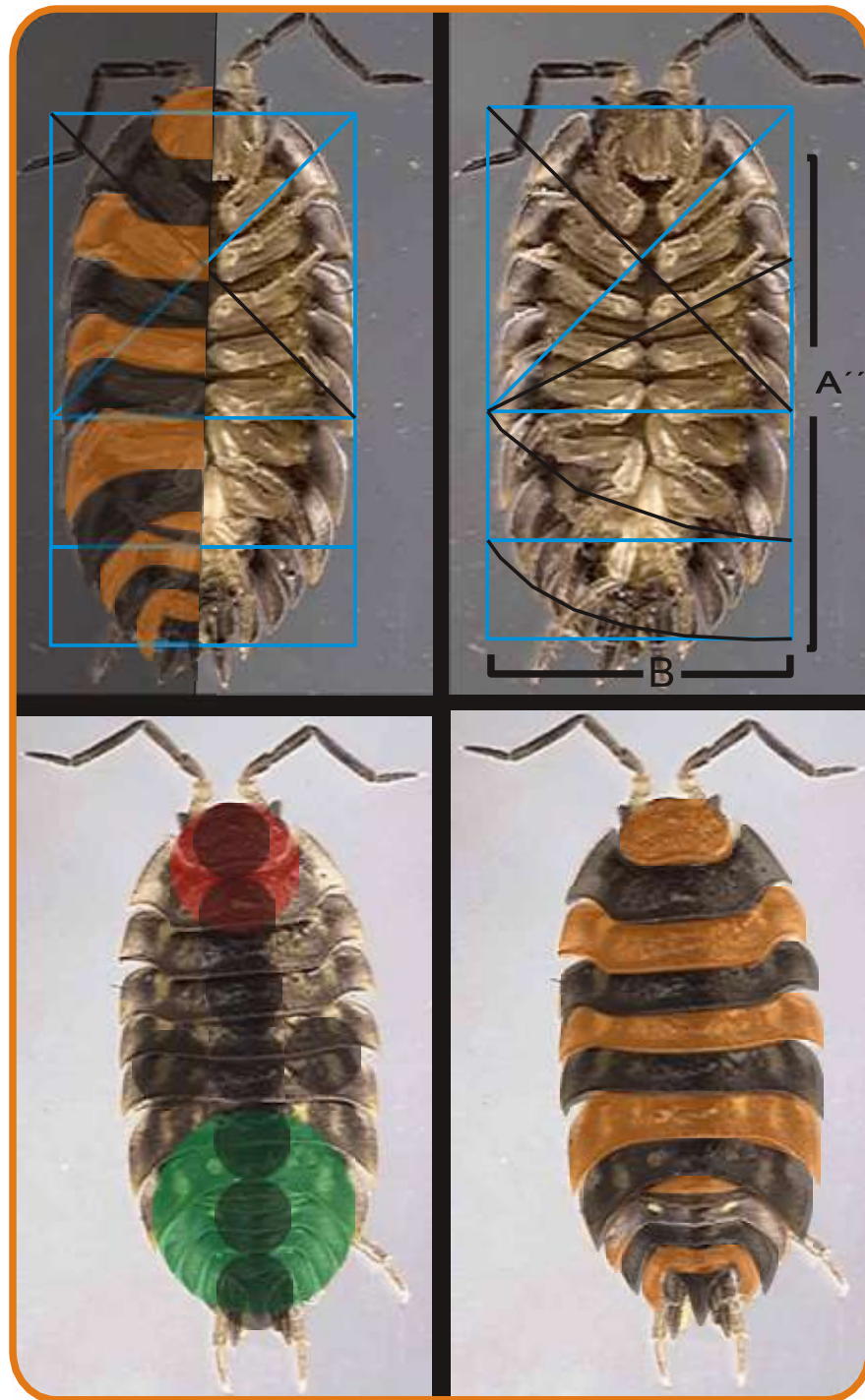
Fuente: Elaborado por los autores

Ilustración 27. Proporciones ventrales de la Glomeris marginata extendida



Fuente: Elaborado por los autores

Ilustración 28. Proporciones ventrales del Armadillidium vulgare extendida.



Fuente: Elaborado por los autores

La glomeris marginata posee un cuerpo más uniforme que el Armadillidium vulgare, al analizarla geométricamente se descubrieron proporciones áureas y simetrías en todo su cuerpo, al diagramar el rectángulo dinámico en la parte ventral de la glomeris, se trazaron rectas imaginarias de construcción biológica, mostrándose puntos áureos en la disposición vertical de los periópodos, la glomeris duplica la cantidad de estas a la del Armadillidium, el rectángulo también evidencio la simetría y semejanza existente entre su plano sagital, al reflejarlo se acomodo perfectamente a la parte opuesta.

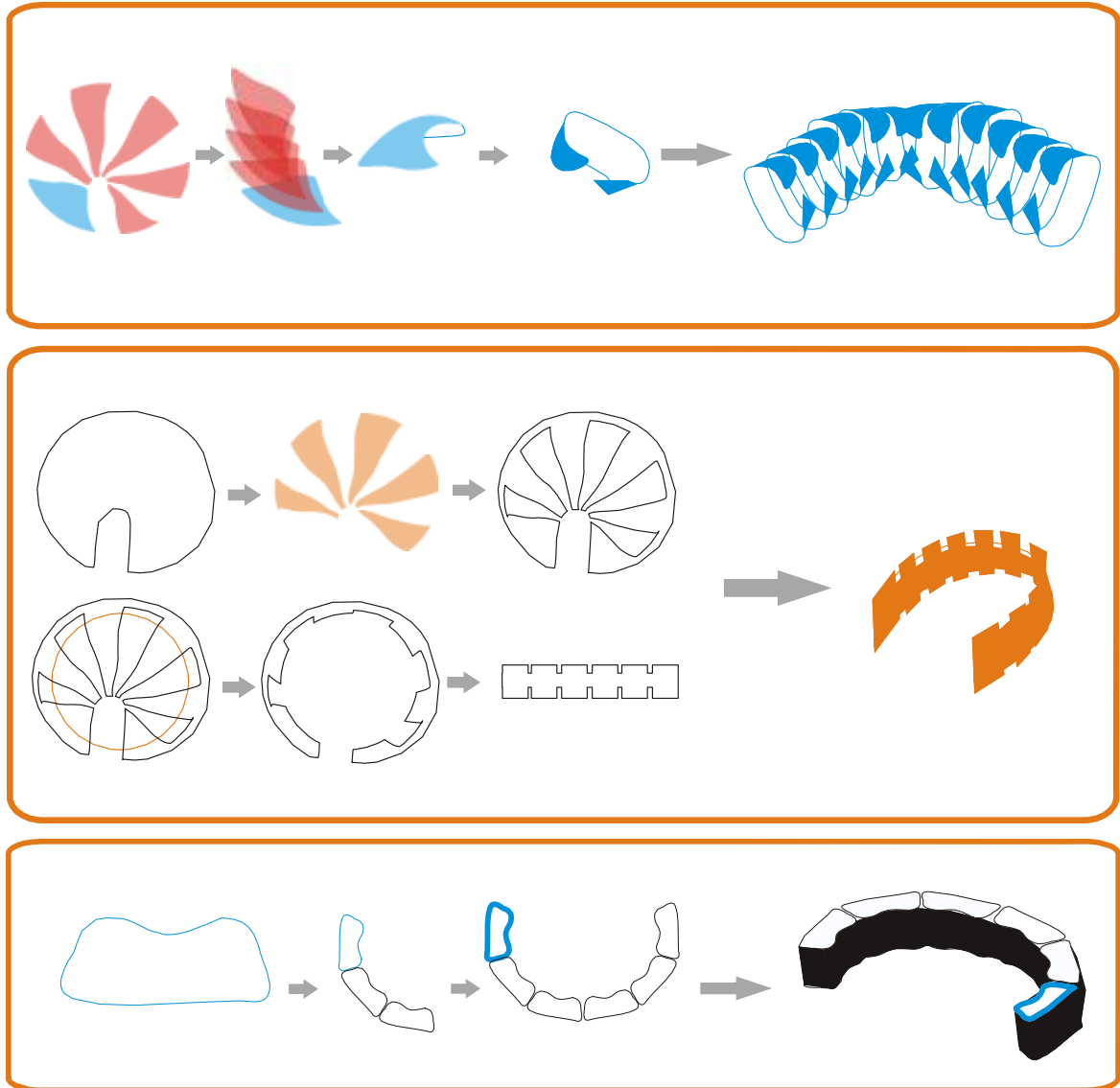
La proporción de su cabeza es 6 veces a la de su cuerpo a lo largo y 3 veces a lo ancho, resaltando una vez más la acomodación ordenada de la naturaleza en la glomeris marginata. Esta proporción es muy necesaria por su forma redondeada cuando se recoge para protegerse. No forma una esfera perfecta pero esto le es suficiente para rodar, aun así tiene una estructura ordenada y genera una sucesión de fibonacci cuando se enrolla, esto es debido a que todo su exoesqueleto es formado con base en un modelo principal, esto también lo cumple el Armadillidium vulgare.

Luego del análisis de cada uno de los animales, fue tomada la idea principal de protección al enrollarse, concluyendo que la estructura circular disminuye el daño interno y protege la parte ventral, se resalta un modulo principal con una repetición de forma en todo el exoesqueleto pero con gradación de tamaño.

4.1.4 abstracción

Se obtuvieron las alternativas por medio de abstracción de forma y estructura.

Figura64. Abstracción biónica de la Glomeris marginata y el Armadillidium



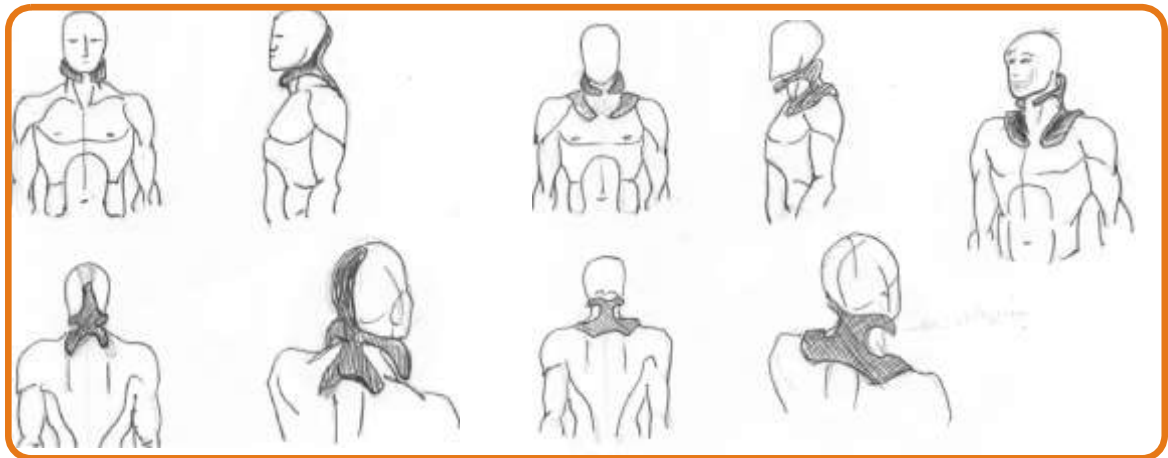
Fuente: Elaborado por los autores

4.2. BOCETOS

Los bocetos es el comienzo de las primeras representaciones graficas del proyecto estableciendo como único punto de partida la abstracción formal de la *Glomeris marginata*-*Armadillidium vulgare*.

El boceto 1 muestra la posibilidad de extender la protección cervical al casco para brindar seguridad con el ajuste de estas dos protecciones, su forma y estructura restringen el movimiento para la flexión - extensión, y la rotación, comportándose como un cuello ortopédico por inmovilizarlo.

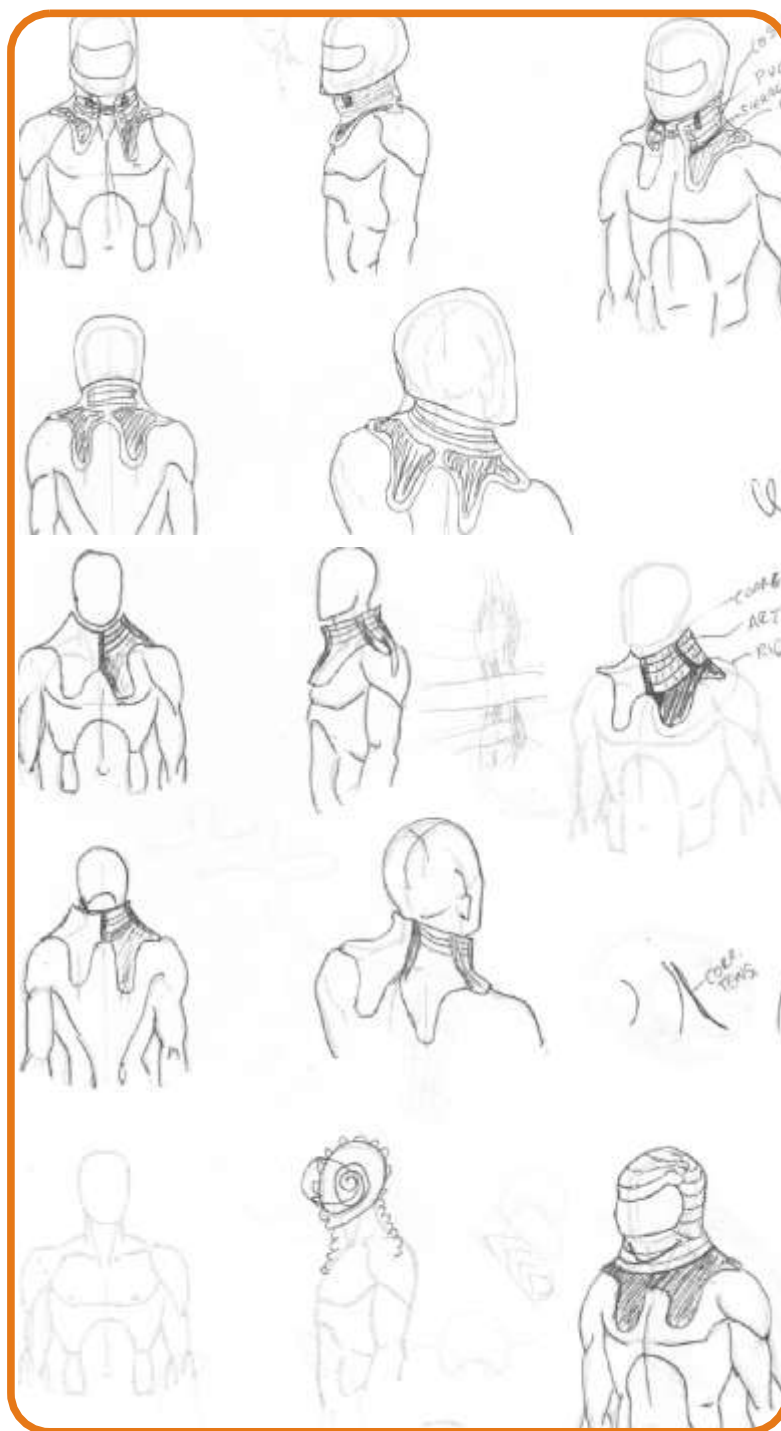
Figura 65. Boceto 1



Fuente: Elaborado por los autores

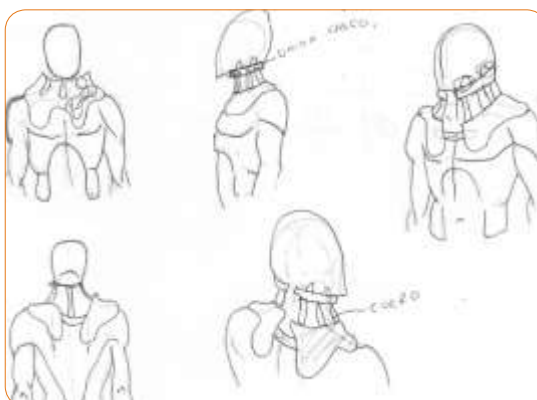
Manteniendo la idea del boceto 1 de unificar el casco con la protección cervical se genera la propuesta del boceto 2, 3 y 4, muestra un nuevo elemento, un apoyo en los hombros para evitar la hiperflexión-hiperextensión, esta vez utilizando ajustes externos y no la misma estructura para la unión de los sistemas de protección. La zona cervical está completamente tapada evitando su uso prolongado.

Figura 66. Boceto 2



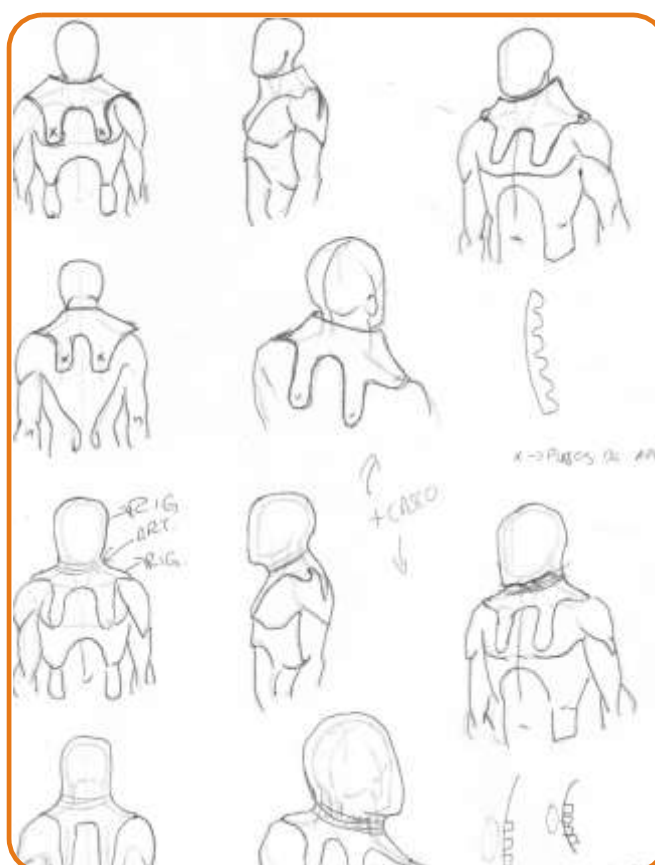
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 67. Boceto 3



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 68. Boceto 4



Fuente: Elaborado por los autores

El boceto 5 muestra un apoyo en los hombros para evitar la hiperflexión - hiperextensión ajustable y opcional, se utiliza estructura alrededor de la protección para reforzar su comportamiento con impactos y disminuir el peso de la misma, utilizando ajustes externos para la unión de los sistemas de protección.

Figura 69. Boceto 5



Fuente: Elaborado por los autores

El boceto 6 consiste en utilizar relleno de espuma para facilitar su colocación y almacenado; facilitaría el movimiento del cuello pero sería demasiado liviano y su protección en impactos fuertes dependería de su costura, como de su relleno.

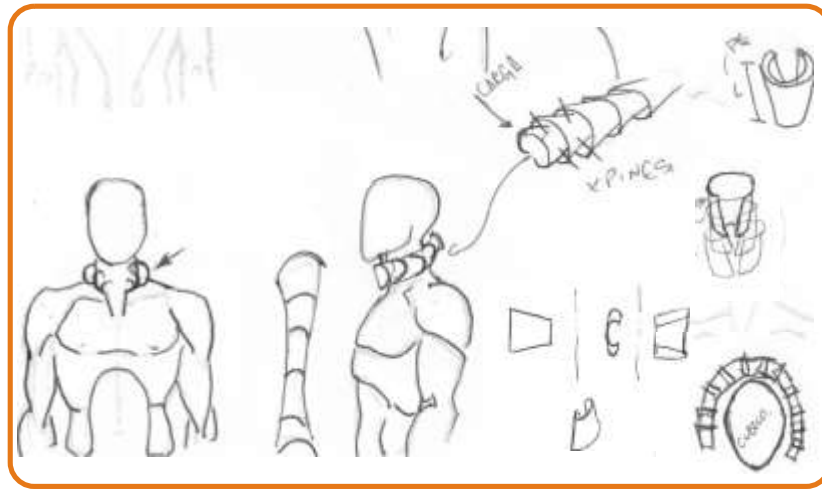
Figura 70. Boceto 6



Fuente: Elaborado por los autores

En la propuesta del boceto 7 se genera la curva alrededor del cuello con módulos similares, siguiendo la misma simetría de la abstracción de la forma de la Chinchilla, esta idea permite los movimientos con mayor facilidad, es una protección que sin fusionarse se complementa con el casco.

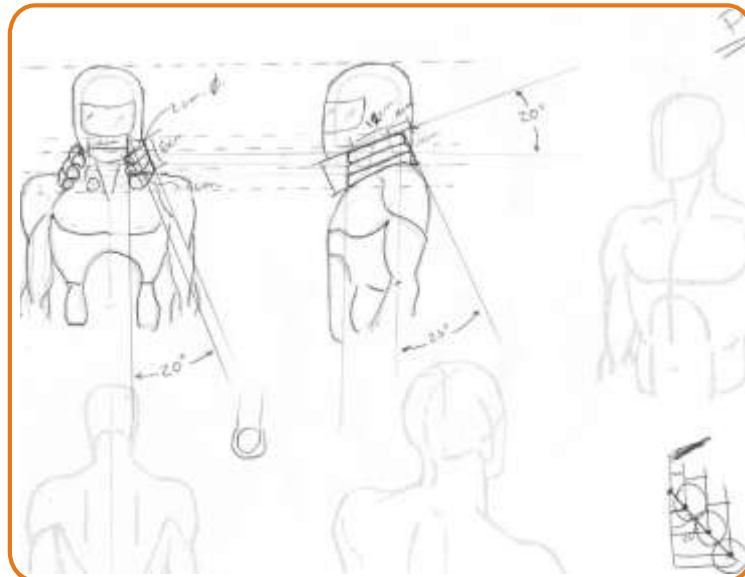
Figura 71. Boceto 7



Fuente: Elaborado por los autores

En el boceto 8 se propone un modulo con gradación de tamaño, manteniendo la proporción de la abstracción de forma de la glomeris marginata, dejándolo abierto en la parte frontal para la facilitar su uso y para su confort térmico; el rango de grados no es muy amplio y aun restringe el movimiento.

Figura 72. Boceto 8



Fuente: Elaborado por los autores

En el boceto 9 se planteo un tramo uniforme de formas utilizando repetición de módulos y ajustándolos alrededor del cuello.

Figura 73. Boceto 9



Fuente: Elaborado por los autores

4.2.1. Selección de Alternativas

Los bocetos seleccionados de la lluvia de ideas, serán evaluados subjetivamente de acuerdo a los parámetros de diseño ya establecidos, con las siguientes características;

Formales, (tamaño y forma), técnicas (estructura y accesibilidad), ergonomía (hiperflexión delantera, hiperextensión trasera, hiperflexión lateral), la protección cervical debe permitirle al usuario la libertad suficiente de movimiento, para el manejo de la moto y en caso de accidente evitar lesiones.

Tabla 17. Evaluación cualitativa de las alternativas

BOCETOS	ERGONOMÍA			TÉCNICO	FORMAL	
	Hiperflexión delantera	Hiperextensión trasera	Hiperflexión lateral	Estructura Accesibilidad	Tamaño	Forma
1	Si cumple	Si cumple pero restringe	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple
2	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple	No cumple	No cumple
3	Si cumple pero restringe	Si cumple pero restringe	Si cumple pero restringe	No cumple	No cumple	No cumple
4	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple	No cumple	No cumple
5	Si cumple pero restringe	Si cumple pero restringe	Si cumple pero restringe	Si cumple	No cumple	Si cumple
6	No cumple	Si cumple	No cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple
7	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple
8	Si cumple	Si cumple	Si cumple pero restringe	Si cumple	Si cumple	Si cumple
9	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

En el análisis realizado a cada alternativa se decidieron las que cumplieran con la mayor cantidad de ventajas, representados con la zona azul, “bocetos 7,8 y9”, Algunas alternativas cumplieran con la protección a la hiperextensión, pero restringían completamente el movimiento, obteniendo una desventaja significativa, ya que se debe dejar libertad de movimiento en la zona cervical, con un máximo de 45° plano transversal, 30° plano sagital y 40° plano frontal, de movimiento.

4.3. MODELOS

A continuación, como resultado de la fase de bocetado se realizaron los modelados de las alternativas en Solid Edge V.20. En esta sección se pretende dar una idea del producto final, su estructura, material y complejidad de transformación de la materia prima.

4.3.1. Alternativa 1

Figura 74. Alternativa 1



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.3.2. Alternativa 2

Figura 75. Alternativa 2



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.3.3. Alternativa 3

Figura 76. Alternativa 3



Fuente: Elaborado por los Autores

4.4. ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE MATERIAL.

Con el fin de desarrollar el proyecto con un material que cumpla las expectativas en cuanto a requerimientos se trata, se realizó un análisis de las posibilidades teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Propiedades mecánicas respectivas para cada material que puedan enriquecer el análisis.
- Densidad.
- Proceso de transformación de la materia prima.
- Fácil adquisición de la materia prima en el sector.

Para realizar el análisis se realizó un cuadro comparativo entre los materiales potenciales respecto de los aspectos anteriores.

Tabla 18. Comparación de materiales para selección.

	Aluminio	Titanio	PVC	PMMA	Caucho Natural	Caucho Vulcanizado
Propiedades mecánicas²²	-	-	-	-	-	-
Resistencia a la tracción. (Mpa.)	55	330	44 - 54	128	24 - 32	12 - 21
Módulo Elástico (Gpa.)	69	107	2,4 – 4,1	2,24 - 3,24	3,3 – 5,9 (Mpa.)	2,1 – 10,3 (Mpa.)
Límite elástico (Mpa.)	17	240	440	-	-	-
Resistencia a la rotura (Mpa.)	-	-	41 - 52	48 - 76	-	-
Elongación a la rotura (%)	-	-	40 – 80	2 - 10	500 - 760	450 - 500
Densidad (g/cm³)	2,71	4,51	1,30 – 1,58	1,17 – 1,20	0,92	1,037
Proceso de transformación	-	-	-	-	-	-
Matrices e inyección	No	No	No	No	Si	Si
Maquinaria Pesada	Si	Si	No	No	Si	Si
Maquinaria Liviana	Si	Si	Si	Si	No	No
Moldes	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Fácil adquisición	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaborada por los Autores.

²² Callister, William D. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Editorial Reverté S.A. 1995.

Respecto de la geometría de las alternativas obtenidas anteriormente se analizó la tabla anterior. Los materiales escogidos para el análisis son de fácil adquisición en el sector, lo cual facilitará el análisis. Se determinaron las siguientes comparaciones:

- Respecto de la densidad, se propuso trabajar con un material que ofreciera un bajo peso, teniendo en cuenta que la protección será usada mínimo 6 horas diarias por los usuarios objetivos. Para esto se tuvieron en cuenta el PVC, PMMA, Caucho natural y caucho vulcanizado.
- Para escoger el mejor material de acuerdo con el porcentaje de elongación se comparó el PVC con los demás. Siendo un impacto el tipo de resistencia que soportarán las alternativas cuando se sometan a prueba, se entiende que este porcentaje estará directamente relacionado con la absorción de energía, sin embargo un alto valor en éste ítem, indicará que puede llegar a permitir la hiperflexión en el caso del latigazo cervical; y un bajo valor conllevará a la fractura instantánea del material que puede llegar a ser considerada de alto riesgo puesto que la protección será ubicada en el cuello. El mismo análisis se puede llevar a cabo con el módulo elástico de los materiales, pues en el caso de los metales nos indica que la absorción de energía se llega a presentar a un alto impacto y puede resultar perjudicial para la zona de los trapecios sobre la que se ubica la protección cervical.
- Teniendo en cuenta el usuario objetivo, se estableció que un bajo costo respecto del proceso de transformación es relevante. De acuerdo con lo anterior, la necesidad del uso de maquinaria pesada en el caso de los metales y los elastómeros; como lo indispensable de la realización de matrices de inyección para éste último generarán un gasto de inversión que no se ve necesario para el desarrollo del producto con los materiales poliméricos.

Respecto de los elastómeros se desarrollo un análisis más exhaustivo posterior a la evaluación de alternativas en CAD/CAE antes de ser descartado debido a que se consideró como un buen material por sus propiedades elásticas.

4.5. CAD/CAE

Para el análisis de los modelos en esta sección se utilizó Ansys Workbench 8.0, ya que nos permite observar una simulación del comportamiento de los modelos durante las pruebas. La utilización de este software no es más que una aproximación puesto que los resultados obtenidos se asemejarán más a cargas estáticas y no a impactos. Sin embargo, la deformación y los factores de seguridad nos darán una idea clara de los puntos que debemos reforzar y los cambios de geometría que sean necesarios para lograr un resultado óptimo en las pruebas reales.

Para las siguientes evaluaciones de las alternativas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- La carga estática utilizada para evaluarlos fue de 1200 N (Newton), ya que fue el máximo soportado por la alternativa 2 y se deseaba poner a prueba las demás alternativas con esta misma carga para comparar su eficiencia respecto de las demás.
- La carga estática fue ubicada en la parte posterior de la protección cervical, simulando el esfuerzo transmitido por el casco en un impacto frontal paralelo al plano sagital.
- Al tratarse de una carga de impacto, los materiales se evaluaron bajo la teoría de materiales frágiles. Lo anterior, es debido a que, bajo cargas de impacto el material puede comportarse tanto dúctil como frágil; sin embargo, el PVC puede comportarse como un material frágil hasta los 60 KJ/m² y de ahí en adelante se comporta como material dúctil²³. En el caso del caucho, al ser un elastómero, se comportará de diferentes maneras dependiendo de su geometría, pero en igual caso, al llegar a su elongación máxima presentará fractura inmediata.
- La evaluación de los modelos en ANSYS se realizó a través del método de elementos finitos, el cual crea una malla por toda la geometría del modelo para calcular los puntos de deformación.

²³ Relación entre la resistencia al impacto y la estructura de compuestos de PVC. ATOFINA, servicio técnico en aditivos para plásticos.

- Para todas las pruebas se realizó análisis de deformación y factor de seguridad, respectivamente se mostrará la escala que corresponde a cada prueba. La escala del valor de seguridad es la misma para todas las pruebas.

4.5.1. Evaluación Alternativa 1

4.5.1.1. Deformación Alternativa 1

Para el siguiente análisis se tiene en cuenta la escala de deformación, que de acuerdo con la gráfica, según aparezcan los colores en la secuencia de imágenes indicarán la deformación que sucede sobre el área coloreada.

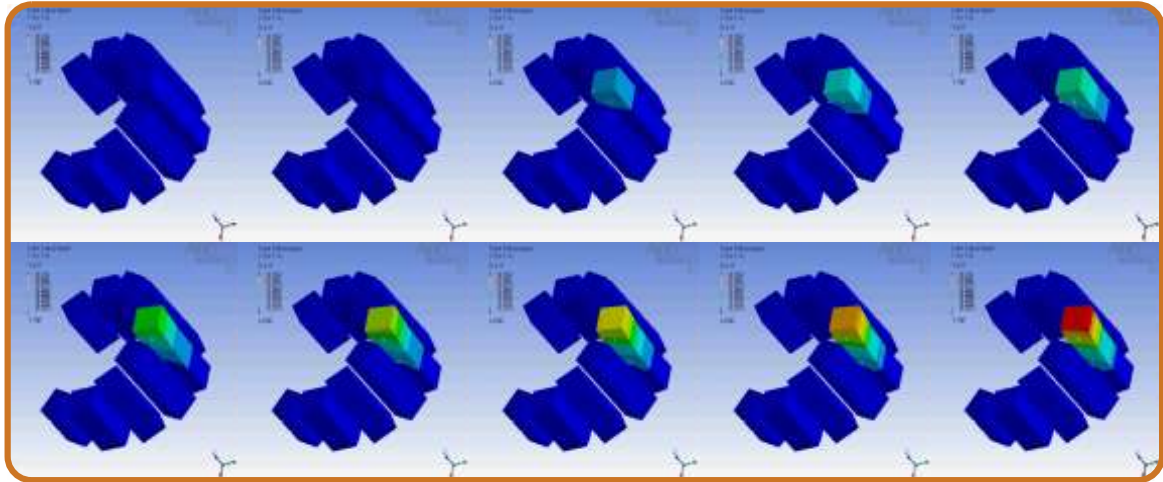
De acuerdo con lo anterior, al producirse el impacto sobre la parte posterior y de acuerdo con el tamaño en gradación de la propuesta, la carga se generaría sobre el elemento más grande que es el central posterior. Al observar la última gráfica, notamos que la deformación será de 11,7 milímetros y se presenta sobre la parte superior de este elemento.

Figura 77. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 1 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

Figura 78. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 1 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.

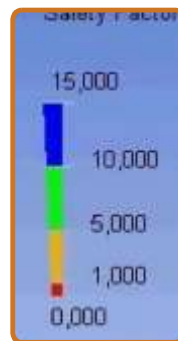


Fuente: Elaborado por los Autores.

4.5.1.2. Factor de seguridad Alternativa 1

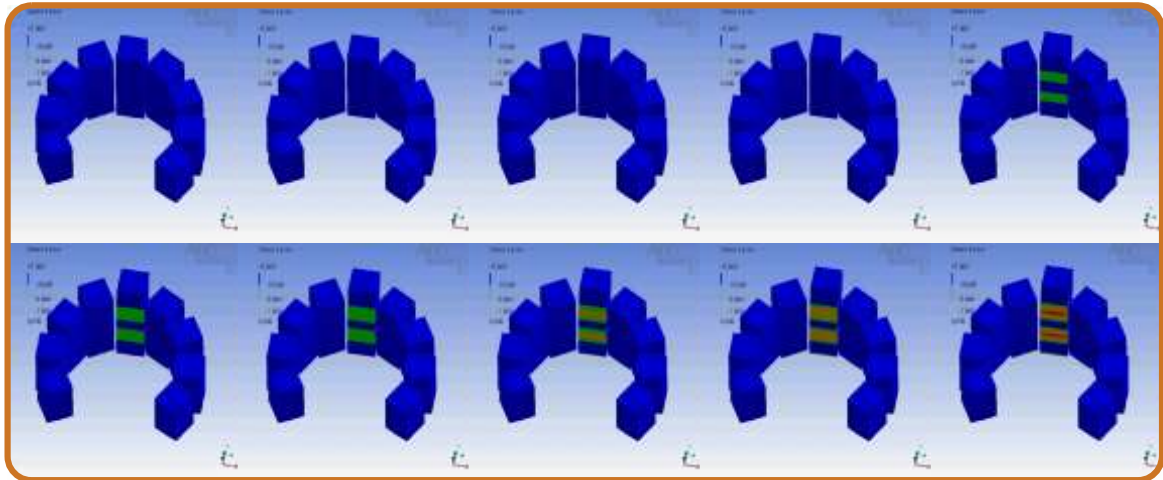
Al observar la escala y compararla con la última gráfica de factor de seguridad, se observa un punto muy bajo en los pliegues de la geometría evaluada que se encuentran a una y dos terceras partes de la altura total del elemento posterior. Esto nos indica que este es el punto donde podrían generarse las grietas del elemento y por ende su fallo al momento de recibir el impacto.

Figura 79. Medidas por colores de la escala del factor de seguridad de la alternativa 1 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

Figura 80. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 1 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

4.5.2. Evaluación Alternativa 2

4.5.2.1. Deformación Alternativa 2

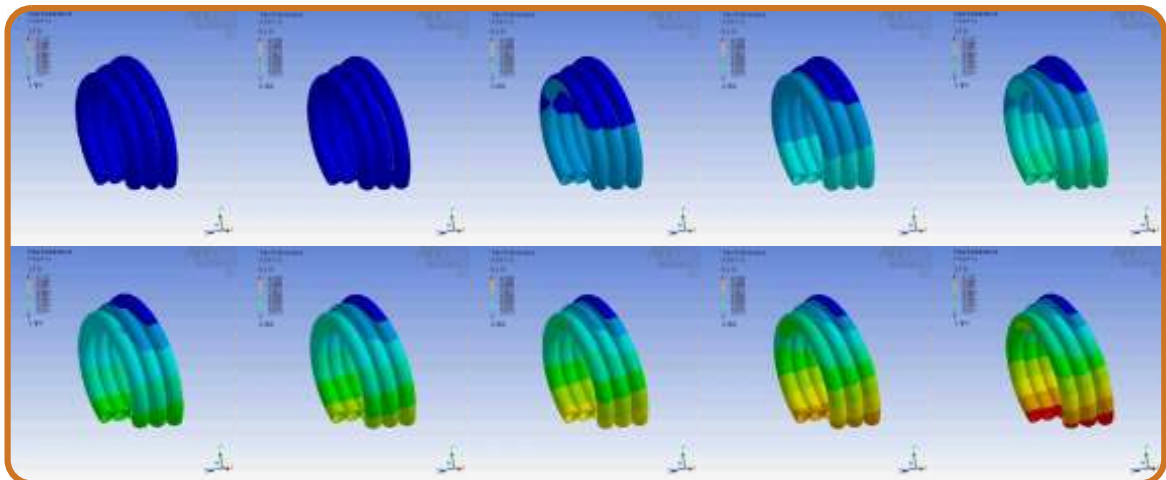
Esta propuesta encuentra su máxima deformación de 11,3 milímetros en los dos extremos, debido a que la propuesta se plantea con sus elementos pegados uno a otro. Al generarse el impacto, los extremos tratarán de desprenderse y la estructura se comportará en contra de lo requerido puesto que impulsará la cabeza hacia atrás generando un ángulo mayor de flexión.

Figura 81. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 2 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

Figura 82. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 2 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.

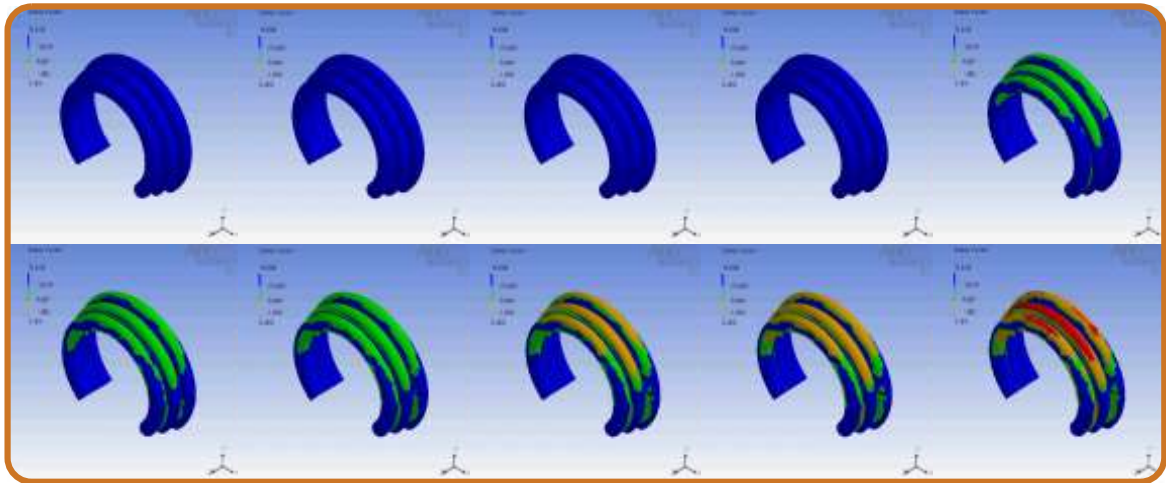


Fuente: Elaborado por los Autores

4.5.2.2. Factor de seguridad Alternativa 2

En este caso el factor de seguridad más bajo se presenta en la parte posterior sobre 30 grados aproximadamente de toda la estructura. Esto implica un aplastamiento y ruptura del material en este sector.

Figura 83. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 2 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.



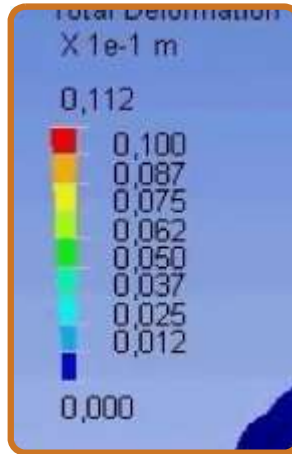
Fuente: Elaborado por los Autores

4.5.3. Evaluación Alternativa 3

4.5.3.1. Deformación Alternativa 3

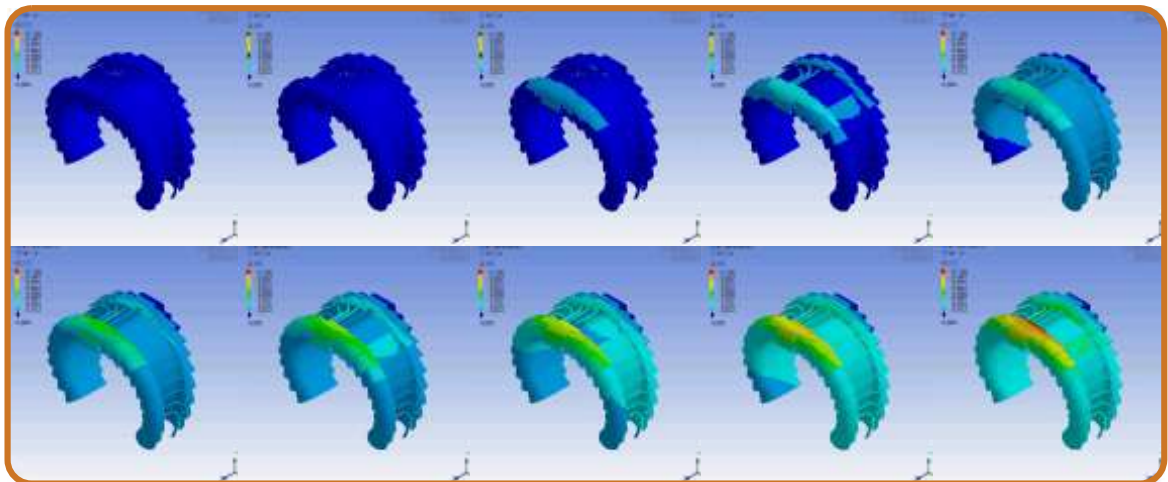
Para esta alternativa compuesta de “C’s” con gradación de tamaño, la máxima deformación se encuentra ubicada en la arista superior de la C posterior, y es de 11,2 milímetros. Esta baja deformación sobre la totalidad de la estructura se debe a su composición, pues al estar encajadas una dentro de otra los esfuerzos se reparten uniformemente a través de la estructura.

Figura 84. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 3 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

Figura 85. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 3 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.

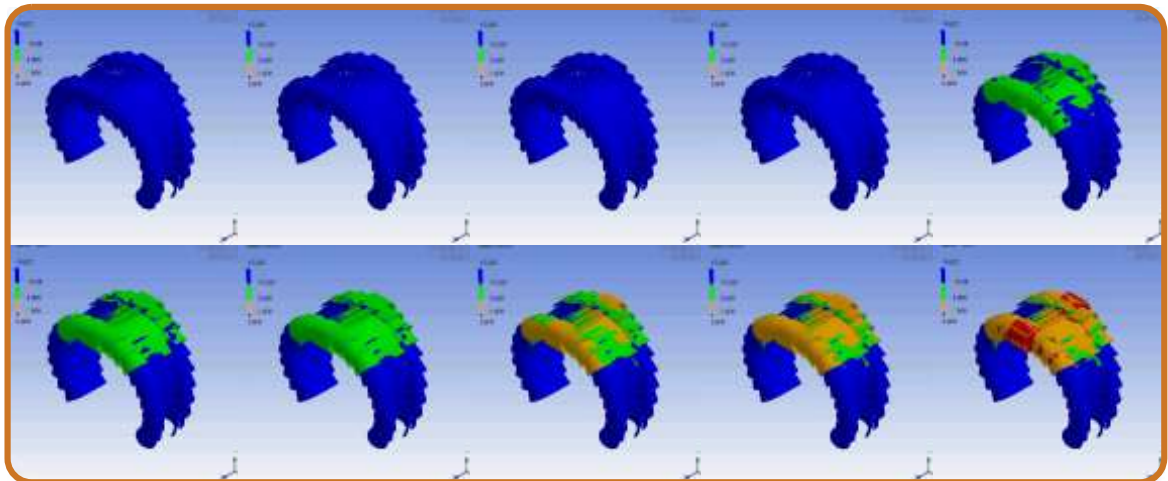


Fuente: Elaborado por los Autores

4.5.3.2. Factor de seguridad Alternativa 3

El menor se encuentra ubicado en los extremos de la C posterior, siendo ésta sobre la que recae el esfuerzo principal. Para lograr su ruptura, debería sobrepasar a los 2 módulos que se encuentran a cada uno de sus lados; por lo cual notamos que hay marcas rojas sobre los demás módulos.

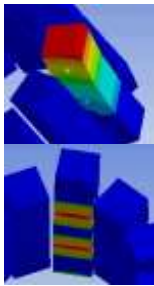

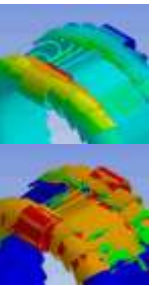
Figura 86. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 3 sometida a 1200 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores

4.5.4. Cuadro comparativo

Tabla 19. Cuadro comparativo de deformación y masa de las alternativas 1, 2 y 3.

			
Deformación (mm)	11,7	11,3	11,2
Masa (Kg)	0,723	0,240	0,704

Fuente: Elaborado por los Autores

El factor de seguridad referenciado en el cuadro anterior es aplicable al área con color rojo de las imágenes inferiores de cada alternativa comparada en la tabla. La masa fue calculada en Solid Edge, insertando la densidad del material a trabajar y multiplicándola por el volumen estimado de cada protección.

4.6. CONCLUSIÓN Y REDISEÑO DE PROPUESTAS

4.6.1. Alternativa 1

- El peso de la protección (únicamente el caucho) es mayor a 700 gramos y teniendo en cuenta que va a ser un elemento que se usará mínimo 6 horas diarias, se considera que 500 gramos es apenas aceptable para esta jornada.
- La realización de ésta alternativa supondrá 5 matrices diferentes para la inyección del caucho, lo cual elevará el costo final del producto y no será beneficioso para introducir este producto al mercado, teniendo en cuenta que el usuario objetivo son mensajeros del sector.
- Teniendo en cuenta las geometrías de las 3 alternativas, debemos tener en cuenta la resistencia a la tracción de cada uno de los materiales debido a que en los puntos en que se genera la máxima deformación, las moléculas se encuentran a tracción y no a compresión como se puede llegar a pensar. De acuerdo con lo anterior se comparó el modulo de Young y el porcentaje de elongación a la rotura de los dos materiales:
 - Modulo de Young PVC: 2,75 Gpa²⁴
 - Modulo de Young vulcanizado de caucho natural (63 IRHD, contiene 45 partes de negro de refuerzo): 0,0045 Gpa²⁵

²⁴ NTC 1125. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE TUBOS Y ACCESORIOS TERMOPLÁSTICOS POR MEDIO DE UNA BALIZA, PESO EN CAÍDA.

²⁵ ISO 37: Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties.

- % elongación a la rotura PVC: 40-80²⁶
- % elongación a la rotura caucho reforzado: 400-500²⁷
- Al utilizar la fórmula para determinar el modulo de Young de los materiales ($\epsilon=T/d$) podemos observar que a mayor porcentaje de deformación del material el módulo de Young disminuye respecto del esfuerzo que se le aplique. Por lo cual, el PVC nos puede ofrecer una mejor reacción de acuerdo al aumento de la fuerza de impacto que se genere en el accidente.

Por las anteriores razones se eliminó la Alternativa 1.

4.6.2. Alternativa 2

Se proponer reforzar la estructura, eliminando el semicírculo superior y agregando tres anillos de refuerzo a los dos restantes. De este modo, la carga se podrá disipar mejor a través de la protección.

4.6.3. Alternativa 3

Esta alternativa tuvo dos fases de mejoramiento. En primera instancia se propuso anexar un anillo de 4cm de ancho a través de la protección, de modo que permitiera que la deformación del material se distribuyera mejor, sin embargo, el peso de la protección aumentó a más de 700 g, por lo cual se procedió a rediseñar esta propuesta nuevamente.

Para la siguiente propuesta, se eliminaron las C's intermedias y el anillo se ubicó del punto de inflexión de la curva superior hacia abajo; además, el anillo se hizo parte del material y no se anexó como en la propuesta anterior. Así la parte inferior de las C's que entra en contacto con el cuerpo sería más flexible y la parte superior que da al casco quedaría más robusta. Por otro lado se invirtió la dirección de las C's, de modo que al momento del impacto, generaran su punto de ruptura hacia afuera del cuello.

²⁶ Callister, William D. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Editorial Reverté S.A., 1995.

²⁷ IBID.

4.7. MODELO Y EVALUACIÓN DE NUEVAS PROPUESTAS

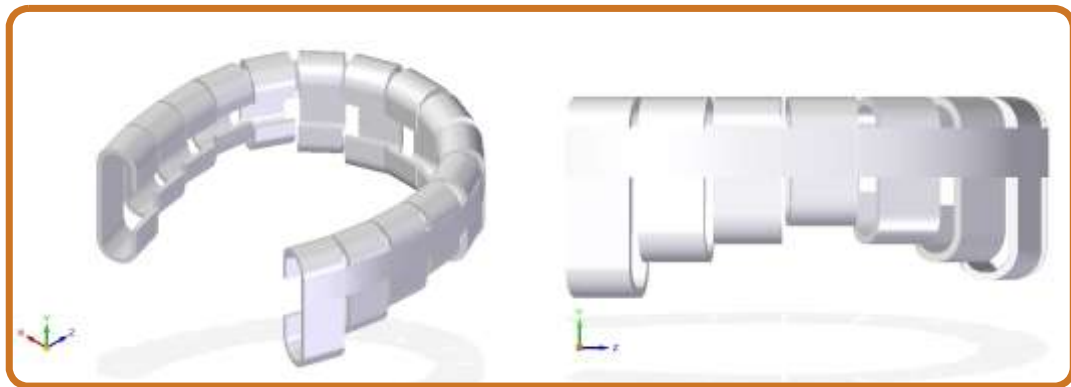
Para la evaluación de estas alternativas en Ansys se trabajó con 3080N. El impacto se ubicó en la parte posterior al igual que en los análisis anteriores.

4.7.1. Alternativa 4 (resultado del rediseño de la alternativa 3)

4.7.1.1. Modelo

Peso: 0,381 Kg

Figura 87. Vista isométrica y lateral de la Alternativa 4.



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.7.1.2. Deformación Alternativa 4

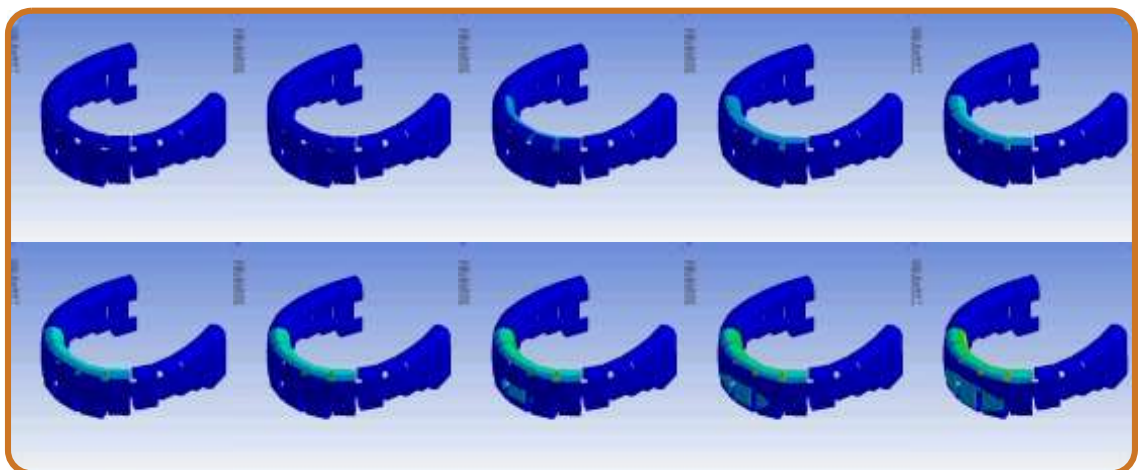
Figura 88. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 4 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Teniendo en cuenta que estas alternativas se pusieron a prueba con una carga tres veces mayor que en la anterior, podemos concluir que la geometría es aceptada para ponerla a prueba debido a que su deformación no llegó al máximo, esta se mantuvo a 7,8 milímetros de acuerdo con la escala ofrecida por el software y ésta se presentó en la parte superior interna de la geometría.

Figura 89. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 4 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.

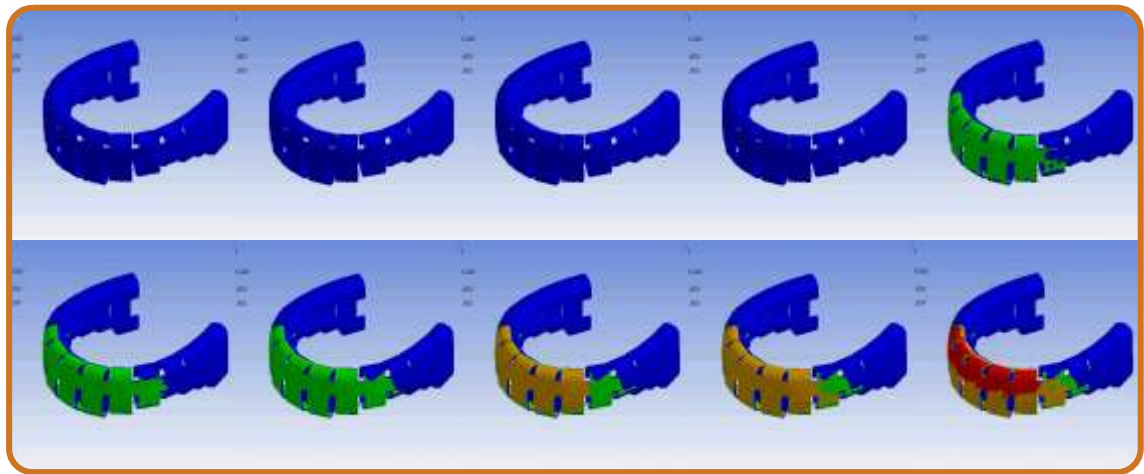


Fuente: Elaborado por los Autores.

4.7.1.3. Factor de seguridad Alternativa 4

Por otra parte, el menor factor de seguridad se encuentra en la parte superior y exterior de la geometría, ésta es sobre la que queda en contacto el casco. Así se puede concluir que cuando la protección falle no afectará el cuello del usuario.

Figura 90. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 4 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.7.2. Alternativa 5 (resultado del rediseño de la alternativa 2)

4.7.2.1. Modelo alternativa 5

Peso: 0,198 Kg

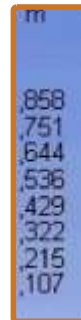
Figura 91. Vista isométrica de la Alternativa 5.



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.7.2.2. Deformación Alternativa 5

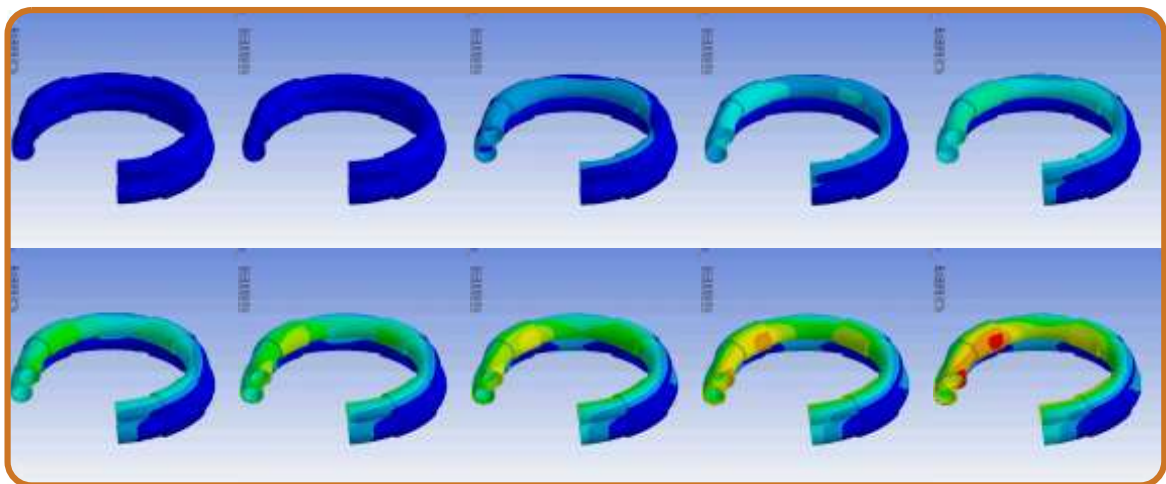
Figura 92. Medidas por colores de la escala de deformación de la alternativa 5 evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores.

De acuerdo con la escala, su máxima deformación es de 96,5 milímetros. Esto nos indica que al ser su desplazamiento una cantidad tan alta nos estaremos acercando al límite de deformación del material. A pesar de lo anterior, notamos que son solo dos secciones las que la presentan este caso y una de ellas es la unión que se añadió para reforzar la geometría; entonces concluimos que la protección se está comportando como lo esperábamos y recordando el tamaño de la fuerza a la que fue sometido en el software, decidimos probar esta alternativa.

Figura 93. Resultado en imágenes de la deformación que sufre la alternativa 5 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.

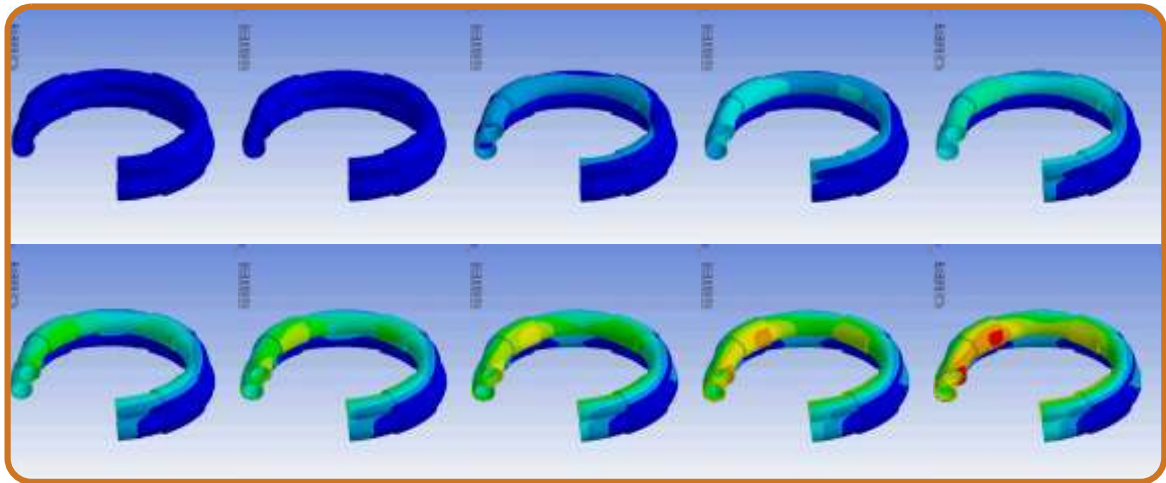


Fuente: Elaborado por los Autores.

4.7.2.3. Factor de seguridad Alternativa 5

Este paso nos confirma la idea de poner a prueba la alternativa, pues a pesar de mostrar una máxima deformación, el factor de seguridad no llega a su valor mínimo. Esto nos permite concluir que la alternativa es segura en términos de resistencia de material, pues su geometría no muestra tendencias a fallar.

Figura 94. Resultado en imágenes de las zonas más propensas a fallar de la alternativa 5 sometida a 3080 N, evaluada en Ansys Workbench 8.0.



Fuente: Elaborado por los Autores.

4.8. SELECCIÓN

Al término de esta fase podemos concluir que:

- Ninguna de las tres alternativas propuestas inicialmente aprobaron los factores que las hacían candidatas para realizar la prueba de impacto, por lo cual se eliminó una de las tres propuestas y se rediseñaron las dos restantes.
- La propuesta de mejoramiento de la alternativa 3 a la 4 mostró mejoras respecto de la idea de repartir los esfuerzos a través de la protección; al eliminar los elementos intermedios y obtener la geometría de una sola pieza logramos el resultado deseado y se redujo el peso de la propuesta.
- La alternativa 5 redujo su peso, los tres anillos aseguradores cumplieron su función reforzando la propuesta, repartiendo los esfuerzos a través de la misma y evitando la separación de los módulos debido al esfuerzo.
- Las alternativas 4 y 5 serán llevadas a cabo en materiales reales para su respectiva comprobación.

5. FASE DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

5.1. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Para evaluar las alternativas se desarrolló una máquina de pruebas que lograra impactar el modelo con una fuerza igual a 3080 N. Se construyó un molde de un torso en tamaño real en gel balístico que contenía inserta una columna de marrano por su parecido a la estructura humana. Se comprobaron las alternativas y se evaluaron con usuarios reales.

5.1.1. Desarrollo de máquina de pruebas

Figura 95. Sistema de péndulo modelado usando Solid Edge V20.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Se elaboró una máquina que consta de un péndulo simple, que por caída libre pudiera impactar el modelo. Las medidas de la máquina son las siguientes:

- Brazo: 1 (m) de largo hasta la parte inferior del cilindro.
- Cilindro: Masa: 13,47 (Kg), Volumen: $5,6125 \times 10^{-3}$ (m³), Altura: 32 (cm), Diámetro: 15(cm).
- Base: 2 (m) de altura.

Se calculó por medio de la fórmula de péndulo ($mgh = Fd$) que el ángulo de inclinación con respecto a la vertical es de 70° para lograr una fuerza de 3080 N.

5.1.2. Desarrollo de muñeco de pruebas.

Para llevar a cabo el desarrollo del torso lo más cercano a la realidad, se utilizó un maniquí, se cubrió desde el torso hasta el cuello con vendas de yeso para obtener un molde negativo. La columna de marrano se recubrió con poliestireno expandido para darle estructura al torso y evitar que se agrietara antes de terminar las pruebas; lo anterior se realizó debido a que nuestro interés es revisar la zona cervical después del impacto. Posteriormente se fijó a una base junto con la columna de marrano y para la cabeza se utilizó un molde de poliestireno expandido hueco en su interior para que nos permitiera insertar el gel de moldeo.

Ilustración 29. Desarrollo de muñeco.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Las proporciones utilizadas para realizar el gel de moldeo fueron las siguientes:

- 1 galón de agua
- 1 kilo de gelatina sin sabor
- 16 ml de glicerina.

Previamente a la inserción del gel de moldeo, se realizaron probetas.

Ilustración 30. Probeta de gel de moldeo con interior de poliestireno expandido.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Las probetas contenían un trozo de poliestireno expandido, y fueron estrelladas contra la pared para determinar cuántos impactos aguantaba antes de agrietarse y comprobar si la consistencia del gel era la apropiada.

Luego de determinar la cantidad precisa se preparó la cantidad necesaria para el torso de pruebas y se agregó el material.

Ilustración 31. Preparación e inserción del gel de moldeo.



Fuente: Elaborado por los Autores.

5.1.3. Desarrollo de modelos

5.1.3.1. Alternativa 4

Previo al desarrollo de la alternativa se comprobó la resistencia de uno de los módulos que la componía. Para esto se utilizó una prensa hidráulica.

Ilustración 32. Desarrollo de prueba de compresión hidráulica.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 33. Medidor prensa hidráulica.



Fuente: Elaborado por los Autores.

El medidor de la prensa nos permitió observar que alcanzó un máximo de 2 toneladas de presión antes de lograr su deformación máxima.

Posteriormente, con una prueba de impacto charpy se evaluó la resistencia del módulo.

Ilustración 34. Prueba del módulo en la máquina de ensayo por impacto



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 35. Medición de resistencia de prueba de impacto.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Al realizar la prueba de impacto obtuvimos 29 mkg/cm². Teniendo esta medida y observando los dos comportamientos (compresión e impacto), se procedió a realizar el modelo.

Para esto se tomó un tramo de PVC de 56 cm para cortarlo y doblarlo de acuerdo a la geometría establecida anteriormente.

Ilustración 36. Proceso de transformación del material.



Fuente: Elaborado por los Autores.

De esta forma se llevó a cabo la realización del modelo que corresponde a la alternativa 4.

5.1.3.2. Alternativa 5

Para el desarrollo de la alternativa 5 no se realizaron ensayos previos pues consta de dos tramos de PVC doblados, por lo cual, al no cambiar la geometría de las pruebas a las que se refieren las normas técnicas de construcción, no había necesidad de comprobar el funcionamiento de la alternativa. Se cortaron dos tramos de PVC de 56 y 48 cm de 18mm (3/4") de diámetro y se termo-formaron teniendo como molde el maniquí, pues sobre este molde se iban a realizar las pruebas. Los tres anillos que la mantienen junta corresponden a secciones de la geometría anterior, por lo cual su proceso no hay necesidad de repetirlo.

Ilustración 37. Transformación del material alternativa 5.



Fuente: Elaborado por los Autores.

5.1.4. Desarrollo de pruebas de impacto.

Para determinar la fiabilidad de las alternativas se propuso realizar pruebas de impacto. Para ello se dispuso de lo siguiente:

- Un molde de un torso en gel balístico con soporte.
- Máquina de pruebas.
- Un acelerómetro ubicado en la corona (cabeza) del muñeco de pruebas conectado a un computador que realizó la lectura..
- Un casco integral.
- Un plano detrás del muñeco de pruebas (de acuerdo con la cámara principal) que nos permitiera la lectura de los grados de inclinación durante el impacto (cada 5 grados hasta 50 grados, después de 10 en 10).
- Cuatro cámaras de video en diferentes lugares (Perfil, oblicuo, isométrico y superior)
- Las dos alternativas que se iban a poner a prueba.

Ilustración 38. Disposición del muñeco de pruebas con la alternativa 4 puesta.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Para el desarrollo de las pruebas de impacto se tuvo en cuenta que el impacto inicial se iba a realizar en el rostro del muñeco de pruebas, simulando la mayor carga soportada en la zona cervical golpeando la zona más débil. Posteriormente se impactaría en la sien. El impacto en el eje vertical del muñeco de pruebas no se vio necesario puesto que esta carga de impacto es soportada por la columna cervical. El proceso a seguir fue:

1. Toma de radiografías (lateral y frontal) de la zona cervical del muñeco de pruebas.
2. Impacto frontal alternativa 4 a 3080 N.
3. Toma de radiografías (lateral y frontal) de la zona cervical del muñeco de pruebas.
4. Impacto lateral alternativa 4 a 3080 N.
5. Revisión del estado del muñeco de pruebas.
6. Impacto frontal alternativa 5 a 3080 N
7. Toma de radiografías (lateral y frontal) de la zona cervical del muñeco de pruebas.
8. Impacto lateral alternativa 5 a 3080 N
9. Toma de radiografías (lateral y frontal) de la zona cervical del muñeco de pruebas.
10. Impacto frontal sin protección cervical a 3080 N.

Sin embargo la prueba solo se pudo realizar hasta el paso 6, debido a que la segunda protección no fue lo suficientemente alta para evitar la fuerza del latigazo cervical. Los resultados fueron los siguientes:

5.1.4.1. Impacto frontal alternativa 4.

Ilustración 39. Secuencia de imágenes impacto frontal alternativa 4



Fuente: Elaborado por los Autores.

Notamos claramente cómo actúa la protección evitando la hiperflexión en la parte posterior (4,5 y 6 en la secuencia anterior) y manteniendo la cabeza en un ángulo de 30 grados que no genera perjuicios en la zona cervical. Luego de esto, la protección soporta la parte delantera de la cabeza (segunda parte del latigazo cervical).

Ilustración 40. Lectura de ángulo de inclinación respecto de la escala posterior.



Fuente: Elaborado por los Autores.

La gráfica del acelerómetro nos muestra que se obtuvo una fuerza de 3,4g en el eje z que era paralelo al plano sagital con respecto al eje y que era el frontal.

Tabla 20. Fuerza G obtenida durante el impacto.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Por medio de las radiografías se pudo comprobar que la protección realizó su trabajo pues no hubo fractura. Por otra parte, el gel balístico no sufrió mayor daño y permitió continuar con las pruebas.

Ilustración 41. Revisión visual del gel balístico y su consistencia.



Fuente: Elaborado por los Autores.

5.1.4.2 Impacto lateral alternativa 4.

Ilustración 42. Preparación muñeco de pruebas para impacto lateral alternativa 4.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 43. Secuencia de imágenes impacto lateral alternativa 4.



Fuente: Elaborado por los Autores.

En este caso podemos observar que el impacto le quitó el casco al muñeco de pruebas. Sin embargo notamos que el casco fue removido debido a que la protección actuó como palanca evitando la inclinación lateral perjudicial del muñeco de pruebas. Se midió un ángulo de 40 grados aproximadamente junto con

una leve rotación hacia el costado derecho del muñeco de pruebas. Con esto se concluye que la alternativa 4 cumplió su objetivo y pasará a ser evaluada con usuarios.

Ilustración 44. Ángulo inclinación impacto lateral



Fuente: Elaborado por los Autores.

5.1.4.3 Impacto frontal alternativa 5.

Ilustración 45. Preparación muñeco de pruebas para impacto frontal alternativa 5.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 46. Secuencia de imágenes impacto frontal alternativa 5



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 47. Fractura generada por impacto frontal en prueba de alternativa 5



Fuente: Elaborado por los Autores.

Esta alternativa no cumplió con los requisitos. Pues su baja altura no permitió realizar la fuerza en el momento indicado y el muñeco de pruebas obtuvo una clara fractura en la zona cervical. Al comparar esta secuencia de imágenes con el impacto frontal de la alternativa 4, se observa que hay una gran diferencia sobre las últimas imágenes; pues en este caso la cabeza no se encuentra en la parte frontal respondiendo al latigazo cervical, por el contrario sufre de hiperflexión y por

ende la fractura ya mencionada. Esta alternativa no aprueba las condiciones de resistencia al impacto y no será comprobada con usuarios.

5.1.5. Análisis y conclusión de la absorción de energía de la alternativa 4 en el impacto

Se propuso analizar la energía absorbida en la primera prueba de impacto con el fin de determinar la resistencia que ofreció la protección y realizar una comparación con el resultado obtenido en la prueba de impacto Charpy. El resultado obtenido de éste análisis nos permitirá hacer una aproximación de la resistencia máxima de la protección.

Para desarrollar el análisis se tomó como referencia la prueba de impacto uno y tres, debido a que en esta última, de acuerdo con el resultado, la reacción que se obtuvo puede ser vista como un desplazamiento de la cabeza sin ninguna protección.

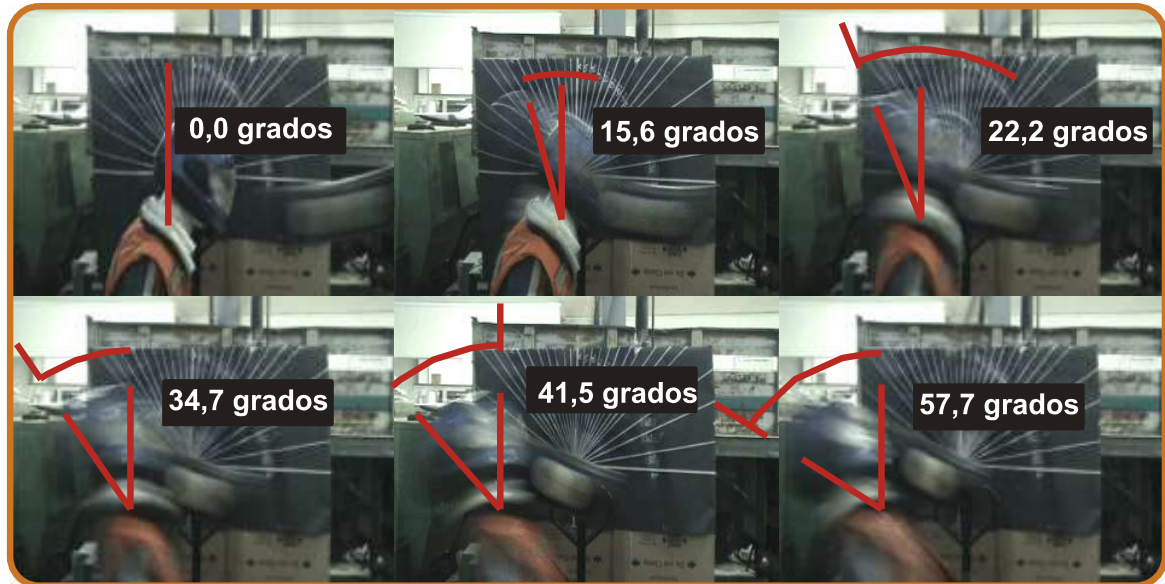
Para hallar la energía que recibió la cabeza es necesario determinar el trabajo que fue transmitido por el péndulo. Se calculó con la fórmula de trabajo:

$$W = F \cdot d$$

En la cual, (W) es el trabajo recibido por la cabeza, (F) es la fuerza con la que se realizó el impacto y (d) es la distancia que se desplazó la cabeza después del impacto.

Para hallar la distancia se toma el ángulo de desplazamiento y se halla el perímetro final respectivo para cada prueba.

Ilustración 48. Análisis ángulo de desplazamiento prueba de impacto alternativa 5



Fuente: Elaborado por los Autores.

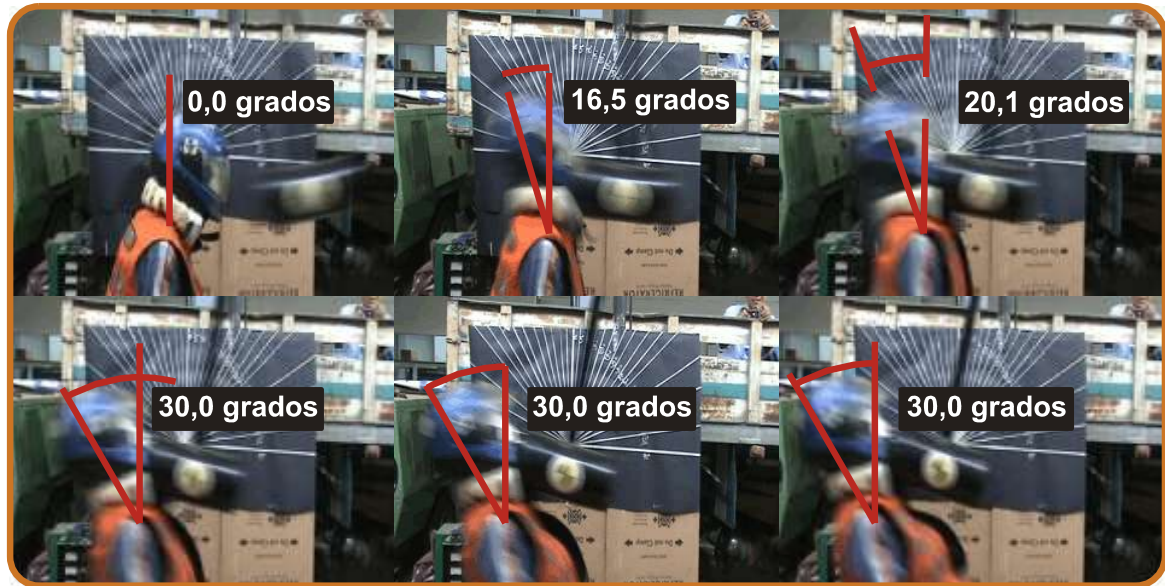
Se realizó primero el análisis de los ángulos de desplazamiento de la alternativa 5, pues el resultado de ésta fue comparado con los ángulos de la alternativa 4 para obtener así la diferencia de la energía. Se tuvo en cuenta que el perímetro debía ser hallado con el radio del círculo igual a 20cm debido a que era la distancia que el muñeco de pruebas tenía desde C7 hasta el occipucio. Siendo:

$$F = 3080N$$

$$d = (2.r.(\pi.(57,7^\circ)/180^\circ)) = 40,28cm = 0,4028 m$$

Se calcula que la energía del impacto recibida por la cabeza fue de 1240 J. Se realiza el mismo análisis para el primer impacto de la alternativa 4.

Ilustración 49. Análisis ángulo de desplazamiento prueba de impacto alternativa 4



Fuente: Elaborado por los Autores.

Utilizando la misma fórmula, se obtiene que 0,2094m fue la distancia recorrida por la cabeza; por lo cual la energía recibida es de 645 J. Realizando una resta de la energía resultante del tercer impacto con la energía resultante del primero, se obtiene:

$$1240J - 645J = 595J.$$

De acuerdo con lo anterior se concluye que la energía absorbida por la protección cervical es de 595J que equivale a 1353N. La razón por la cual no se presentó fractura, es porque el resto de la energía que fuere necesaria para generarla se disipó en deformación plástica y sonido.

5.2. EVALUACIÓN HEURÍSTICA

Inicialmente se desarrolló el modelo con tela impermeable y recubriendo el PVC con espuma, esto sirvió para utilizarlo en las demás pruebas con usuarios. Para la evaluación heurística se realizó una prueba de uso con un usuario real durante un determinado tiempo. A la llegada del motociclista, se le pidió comentar su experiencia con la protección cervical y posteriormente se le preguntó por los aspectos que se querían evaluar; y por medio de un médico se diagnosticó los daños que pudiera causar el uso de la protección cervical y la recepción del producto en el mercado.

Ilustración 50. Modelo alternativa 4.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 51. Salida usuario con protección cervical.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 52. Llegada usuario con protección cervical.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Ilustración 53. Explicación y comentarios sobre la experiencia.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Se anotaron las observaciones para considerarlas en la fase de mejoramiento. Se transcribieron los comentarios del motociclista y del médico y se presentan a continuación.

Usuario:

- *“Da una sensación de robot”*
- *“Al mover la cabeza a los lados, esta parte (refiriéndose a los extremos de la protección) golpea con los hombros, como tiene uno la mano levantada en el manillar de la moto entonces queda esta parte (el hombro) levantada.”*
- *“Reduce la movilidad de la cabeza cuando uno llega a los pares para mirar a los lados.”*
- *“De pronto la sensación no fastidia, la parte del cuello si se siente como mas... sería anatómico la parte de atrás no incomoda para nada.”*
- *“Otra cosa es que se reduce el campo de visión, viene quedando ésta parte (refiriéndose a la barbilla del casco) acá (refiriéndose a la línea de visión) porque se sube el casco, habría que probar con el estilo patrullero, el otro reglamentario a ver si con ese sí.”*
- *“Pero no incomoda para nada, para nada me incomodó.”*

Médico:

- *“Lo que yo opino es que de pronto puede causar contractura muscular, dolor en la persona, uno por falta de costumbre que no se utiliza este aparato, y lo otro pues porque no se puede mover mucho entonces de pronto en movimiento brusco que tenga que hacer cause una contractura muscular a nivel del cuello pero de resto se ve muy bien.”*

5.3. GUÍAS DE COMPROBACIÓN Y CUESTIONARIO DE USABILIDAD

Para el desarrollo de esta fase se realizaron 26 encuestas a usuarios de vehículos motorizados biplaza, se les pidió el favor de que se dejaran tomar fotografías para determinar los ángulos de inclinación y se realizó una encuesta. Además se grabó un video y se les pidió a los encuestados que se pusieran la protección cervical como ellos pensarán que era correcto para estudiar el lenguaje de uso del producto. Para tomar decisiones definitivas en el desarrollo del proyecto con el modelo técnico, se debe determinar la eficiencia en la interacción con el usuario.

OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar, identificar y mejorar las características del producto con el confort del usuario primario de acuerdo al uso de protección cervical para el proceso de diseño.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar y comprobar la movilidad del cuello, permitida por la protección cervical.
Analizar y comprobar la comodidad de la protección cervical al ser utilizada por los usuarios primarios.

METODOLOGÍA

Evaluación por observación de campo

MUESTRA

26 personas todos hombres, escogidos por conveniencia debido a la dimensión antropométrica definida.

SESGO

Los evaluadores

Personas que no cumplan con las normas de seguridad establecidas en el país.

VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLES AMBIENTALES

Iluminación: Luz natural.

Temperatura: \pm 20 °C.

Ambiente: Seco.

VARIABLES PERSONALES

Edad: 18 a 70 años.

Ocupación: Motociclistas.

Sexo: Hombres.

Dimensiones: percentil 50.

VARIABLES DE EQUIPO

Localización: El usuario se adecuará la protección en la zona cervical.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Movilidad del cuello con la protección cervical.

Esta variable se desarrolló evaluando 4 movimientos del cuello con la protección cervical.

- Comodidad de la protección cervical

Se evaluó esta variable cualitativamente de acuerdo a la comodidad que el usuario percibió con la protección cervical.

VARIABLES CONTROLADAS

- Instrucciones

Antes del inicio de la prueba con cada usuario, se hizo una introducción acerca del funcionamiento de la protección cervical.

- Hora de la prueba

La prueba fue realizada en horarios laboral de 8 a.m. hasta 6 p.m.

- Duración de la prueba

La duración de la prueba por usuario fue de 5 minutos.

- Lugar

Las pruebas fueron realizadas; en la universidad industrial de Santander en el estacionamiento para motociclistas y en el laboratorio diesel del oriente zona de mensajeros motorizados.

- Personas en el lugar de la prueba

Los dos evaluadores y el usuario.

- Cada individuo debió utilizar sus accesorios de seguridad (casco, chaleco).
- Presentación de la protección cervical para la evaluación de los movimientos del cuello.

Esta variable califico 4 movimientos cervicales en posición frontal y lateral, utilizando un fondo con la medición de ángulos, fotografiados para su análisis.

PROCEDIMIENTO

1. Adecuación del lugar.

Como primer paso para la realización de la prueba, se adecuo el lugar seleccionado, colocando el formato de medición de los ángulos en una superficie vertical, para las tomas fotográficas, en esta primera fase fue necesario disponer de una cámara fija para la captura de imagen de cada movimiento del cuello con la protección cervical, luego el evaluador realizó la entrevista.

2. Selección de los usuarios para la prueba.

Se selecciono 26 personas a evaluar, cumpliendo con las normas de seguridad exigidas por las autoridades de tránsito, usuarios directos en todas las pruebas, con su disponibilidad de tiempo y actitud.

3. Explicación de instrucciones.

Se realizó para la actividad una breve explicación del contenido de la prueba, se entrego la protección cervical para analizar la interacción del usuario con el modelo, se ubico la persona en el lugar adecuado para la captura de imágenes con la variación de los ángulos señalándole la posición deseada, luego de realizada esta fase se pregunto encuestando a la persona sobre el confort que brinda la protección cervical.

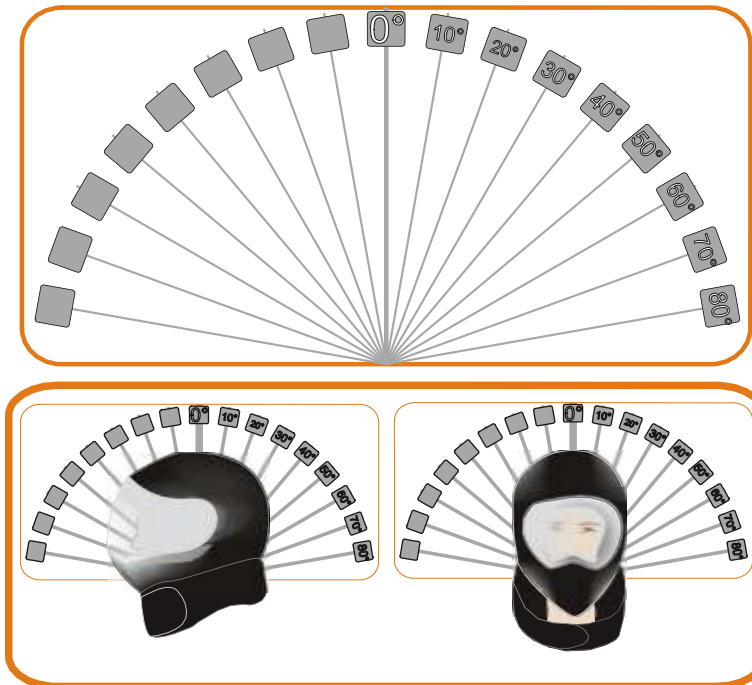
4. Prueba de interacción

Esta prueba se comenzó luego de una breve explicación del contenido, se entrega la protección y se filma la interacción del usuario desde que lo coge hasta que se pone todas las protecciones.

5. Prueba de movimientos del cuello

Esta prueba se realizó con los usuarios disponibles inmediatamente después de haber interactuado con el modelo, se le indicó los movimientos que debía hacer con la cabeza en posición frontal (flexión lateral izquierda y derecha del cuello) y de perfil (flexión delantera y trasera del cuello) fotografiando cada una.

Figura 96. Ángulos de referencia para la flexión del cuello.



Fuente : Elaborado por los autores

6. Prueba de Comodidad

En esta fase luego de tomar las fotos de los movimientos del cuello, se entrevistaron a los usuarios de acuerdo a la comodidad con el modelo.

Formato de la entrevista

Buenos Días / Tardes, nos encontramos desarrollando un elemento de protección para motociclistas, para ayudar a reducir las lesiones cervicales en los accidentes de tránsito. Estamos desarrollando la siguiente encuesta respecto de las dos protecciones cervicales que proponemos.

¿Quisiera participar de esta encuesta? (Respuesta aceptada: “Si”)

1. Toma de fotos

4 fotos frontales -> Inclinado y girado a la derecha e izquierda.

4 fotos laterales -> Flexión, hiperextensión y rotación a la derecha e izquierda.

2. Califique los siguientes aspectos de 1 a 5, donde 1 es muy desagradable y 5 es muy agradable.

___ Contacto del material con su cuello.

___ Peso de la protección.

___ Tamaño de la protección.

___ Libertad de movimiento.

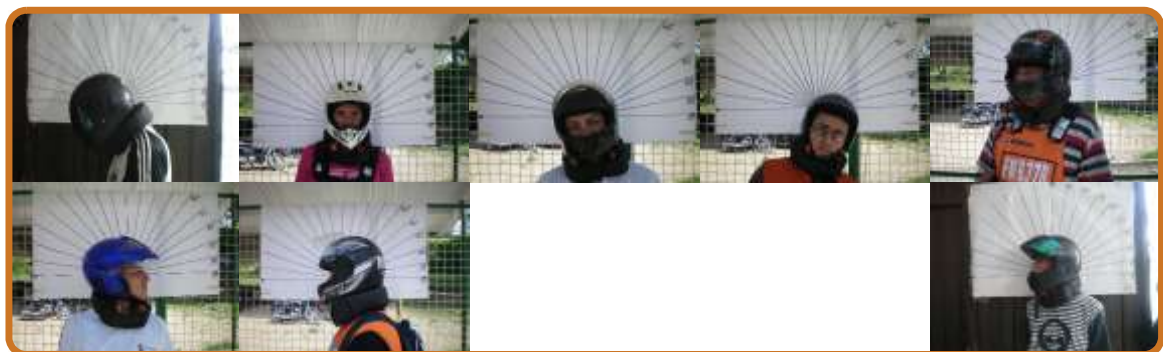
___ Ajuste de la protección a su cuello

___ Forma de abrochar el producto.

3. De 1 a 5 califique la facilidad de llevar la protección mientras no la esté usando, donde 1 es muy incómodo y 5 es muy cómodo. _____

¿Cuánto pagaría por ella? \$ _____

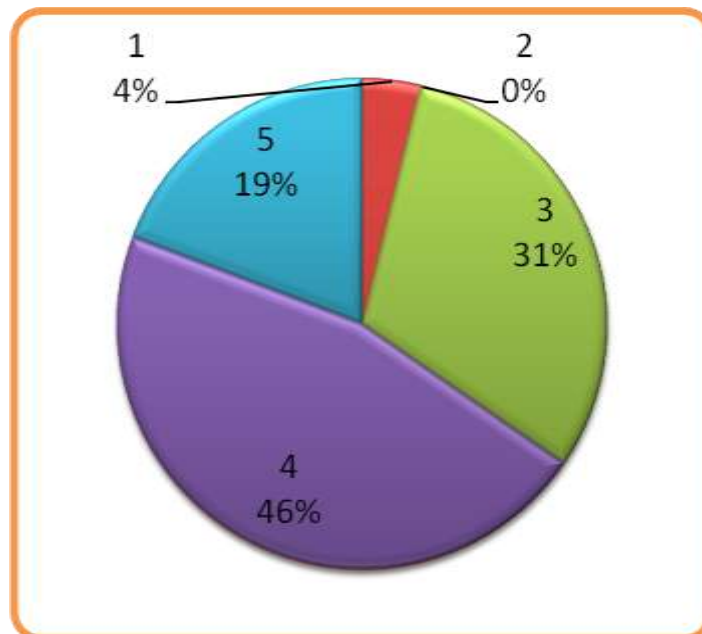
Ilustración 54. Fotos de usuarios voluntarios para realizar encuesta.



Fuente: Elaborado por los Autores.

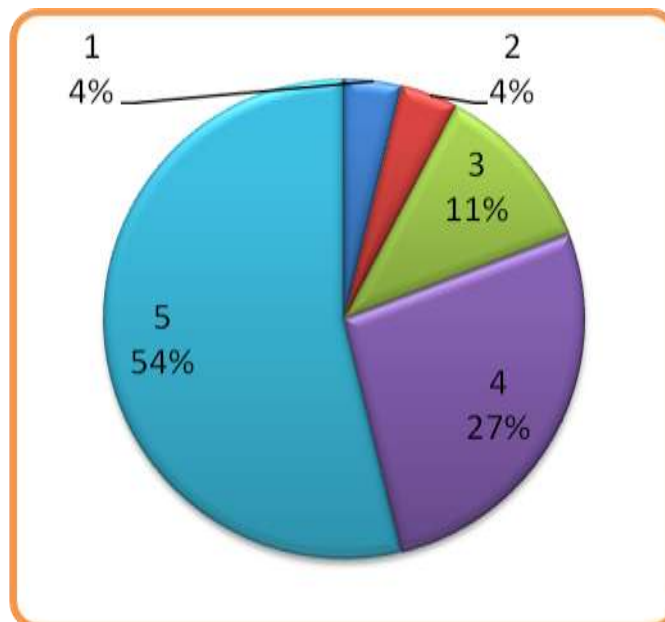
7. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 21. Calificación del contacto del material con el cuello



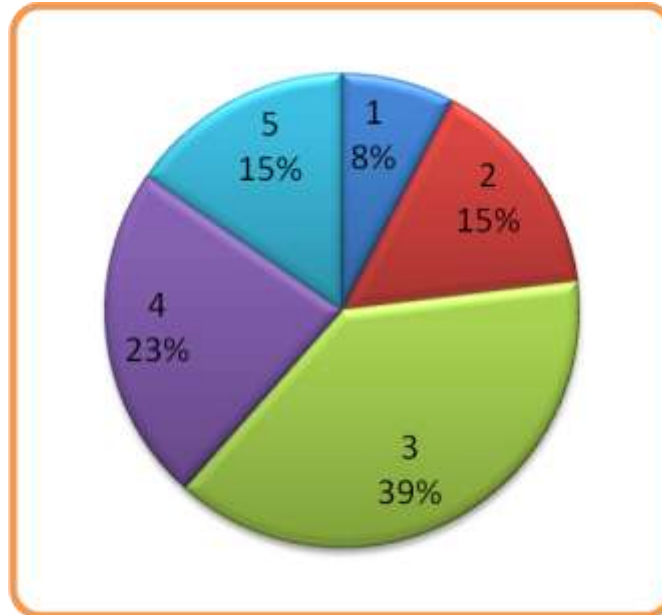
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 22. Calificación del peso de la protección



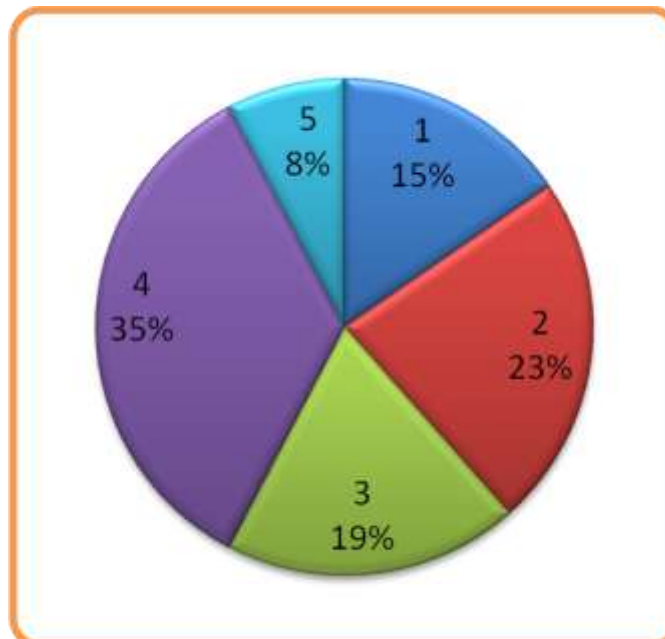
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 23. Calificación del tamaño de la protección



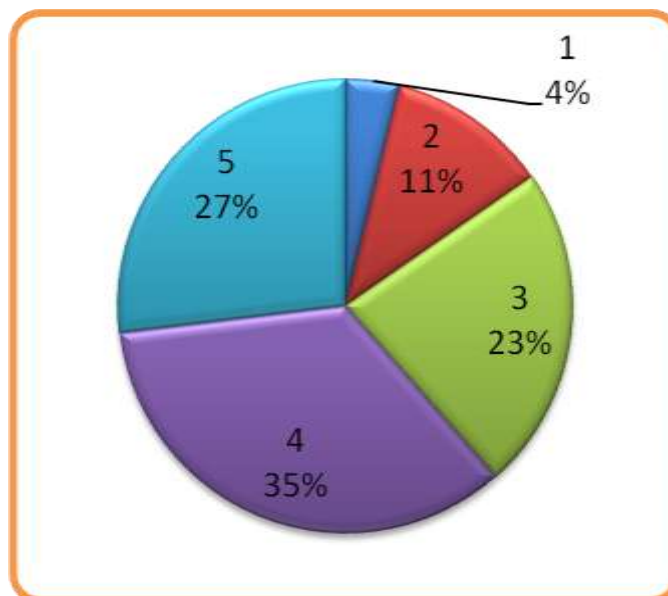
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 24. Calificación de la libertad de movimiento



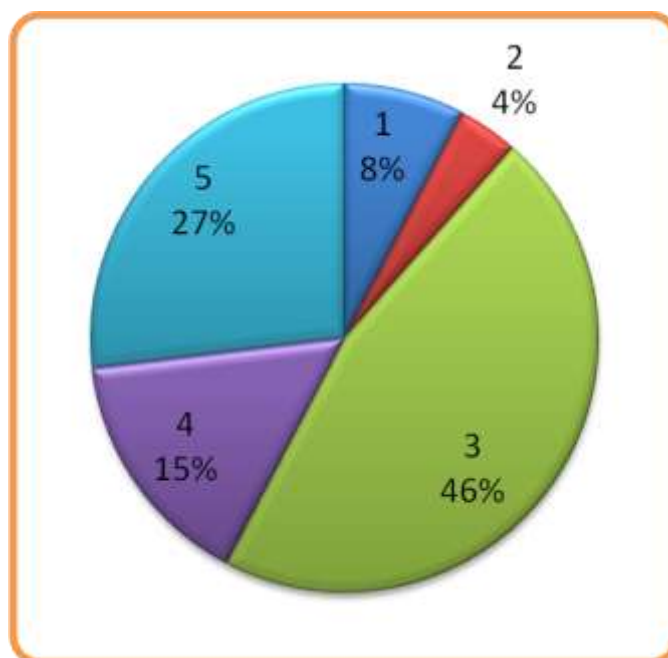
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 25. Calificación del ajuste de la protección al cuello



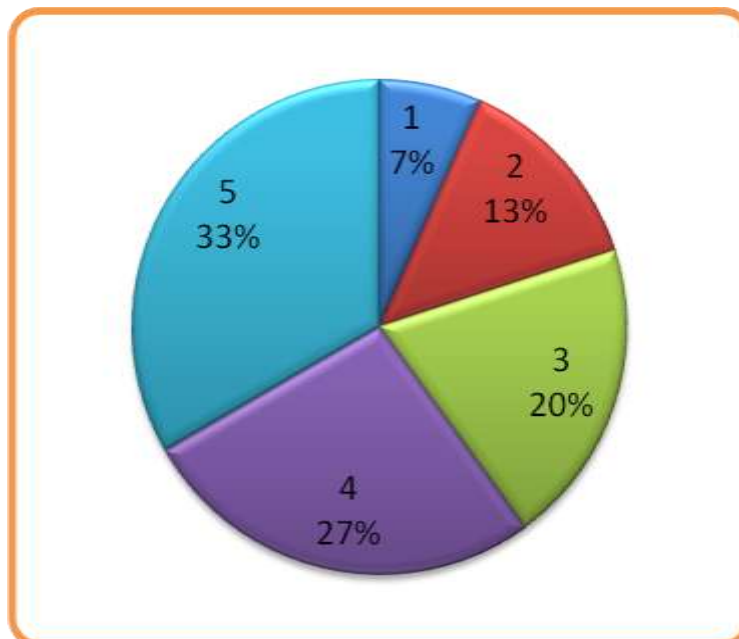
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 26. Calificación del mecanismo para abrochar el producto



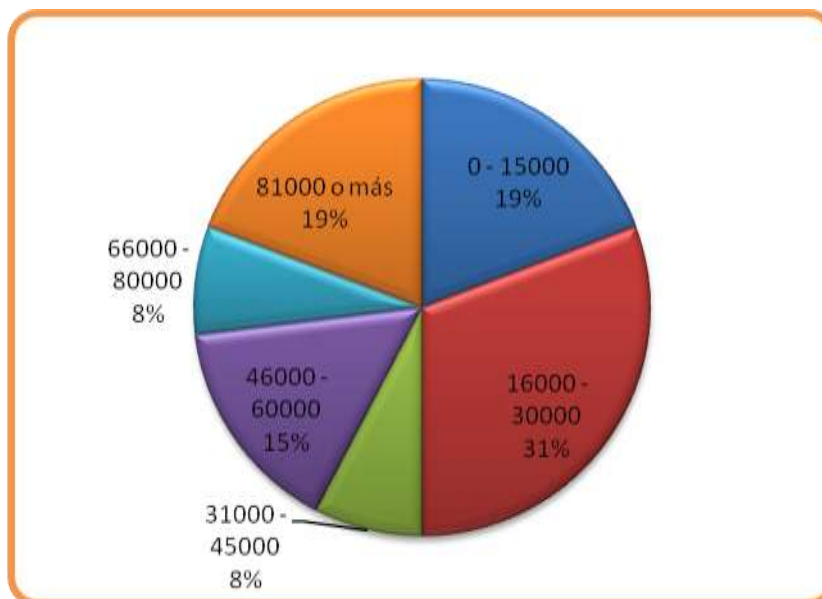
Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 27. Calificación de la portabilidad



Fuente: Elaborado por los Autores.

Tabla 28. Precio estimado



Fuente: Elaborado por los Autores.

5.4. PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO CONJUNTO Y PANEL DE USUARIOS.

En este caso, se reunió a un grupo de 4 usuarios, dos de ellos eran conductores de motocicleta con más de 3 años de experiencia y los otros dos usuarios recién iniciaban su conducción. En primera instancia se les pidió que interactuaran ellos con el producto, que lo usaran como ellos pensaban que era correcto y que entre ellos mismos se corrigieran. Posteriormente se afirmó que el uso que le habían dado era el correcto y que prosiguieran a “atacar” el producto respecto de las deficiencias que ellos pudieran observar. Se transcribieron las observaciones:

Ilustración 55. Grupo de usuarios interactuando con la protección



Fuente: Elaborado por los Autores.

- *“Pues vea la verdad yo veo, independiente serviría por tallas, si me entiende, más delgado porque los cascos no son iguales hay cascos más grandes.*
- *Adelgazarlo el diámetro, mejor dicho la altura.*
- *El broche si debe ser otro porque es que si usted se mueve solo se mueve el casco, la idea es que se moviera todo.*

- *La otra sería que viniera pegado al casco, que hiciera parte del casco, ya sería otro diseño otro invento, que viniera pegado.*
- *Pero entonces sí, como los cascos son todos iguales, tocaría tomar las tallas, medidas, medidas del casco de dónde sacan ustedes la de esto.*
- *El peso de la protección y eso está bien, sabe es que lo que toca es adelgazarlo un poquito*
- *Y lo que Fabián decía, el broche toca como algo, algo más seguro verdad, porque se va a abrir.*
- *Toca colocarle de estos mismos broches (refiriéndose a los del casco).*
- *Lo que pasa es que los chalecos antes también tenían eso y le colocaron cierre y eso.*
- *Lo otro sería que tuviera como una riata que le pudiera modificar el tamaño, o sea que tenga graduación.*
- *Pregunta: ¿Digamos los colores?*
- *Ahí queda es a lo que uno quiera, hay gente que no se fija en eso, porque si son mujeres les gustan rosaditos y que tengan colores, las mujeres son más delgaditas y toca hacerlo más delgado.*
- *Pregunta: ¿y este grosor? (refiriéndose al grosor del producto)*
- *No al ponerlo usted más delgado aquí ya cambia eso, toca es ponerlo más bajo.*
- *Pero esto no lo deja manejar a uno, uno va manejando y no lo deja mirar a los lados, por eso le digo la talla de uno la medida.*
- *No es que tenga que ir al casco es la comodidad de uno, si uno compra un casco que le queda suelto pues se siente mal, en cambio si uno compra algo ajustadito entonces se siente cómodo.*
- *Y esto pasara como al principio que la gente no usaba casco, eso es mientras se acostumbran.*
- *Pero el proyecto está bueno, falta es eso.*

5.5. RECOPIACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis en las pruebas anteriores, se decide hacer los siguientes cambios sobre la alternativa:

- Reducir 1 cm de altura a lo largo de toda la protección. Al reducir 1cm de altura estamos permitiéndole al usuario que tenga un poco mas de libertad de movimiento, la suficiente para que se sienta cómodo, se eviten las contracciones musculares a nivel cervical y siga protegiendo dicha zona.
- Reducir el tamaño de la espuma que recubre el PVC. De esta forma le permitimos al usuario una mayor adaptabilidad al producto, basándonos en las medidas de los diámetros de cuello, estableciendo un percentil 50 para la protección cervical.
- Permitir un desnivel en los extremos de la protección, logrando que el usuario tenga mayor ángulo de rotación de la cabeza.
- Cambiar el sistema de broche por uno más seguro, para evitar la expulsión de la protección durante el impacto.

6. FASE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.

En esta fase se pretende realizar el prototipo final de diseño y desarrollar sus respectivas pruebas para determinar las conclusiones finales de la investigación.

6.1. DESARROLLO DE PROTOTIPO

Para el desarrollo del prototipo final se procedió a aplanar el tramo de PVC realizando un corte al tubo de 60 cm de largo, calentándolo y prensándolo entre dos tablas de madera. Se obtuvo un menor desperdicio del material pues se observó que fácilmente cabían dos esquemas dentro del PVC aplanado. Los demás procesos se desarrollaron igual que en la fase anterior.

Ilustración 56. Proceso de transformación óptimo.



Fuente: Elaborado por los Autores.

Los moldes se adecuaron a la nueva geometría y se obtuvo el resultado final.

Ilustración 57. Moldes para costura.



Fuente: Elaborado por los Autores.

6.2. PRUEBA TÉCNICA

La prueba técnica correspondía a la comprobación del nuevo sistema. No fue realizada porque se observó y concluyó que el sistema soportó la carga especificada, por lo tanto no fue necesaria.

6.3. PRUEBA ERGONÓMICA

Para el desarrollo de la prueba ergonómica se trabajó con 4 usuarios. El primero era el mismo usuario con el que se hizo la evaluación heurística. Los dos siguientes fueron dos de los cuatro usuarios que participaron en la prueba grupal. El último usuario fue alguien que no había visto la protección anterior. De esta forma obtuvimos observaciones desde diferentes puntos de vista. En esta ocasión obtuvimos observaciones de terceros que presenciaron la prueba. Para un mejor entendimiento de la transcripción de los videos, la letra aparecerá de la siguiente forma: ejemplo (de esta forma aparecerán las observaciones de terceros, *ejemplo* (de esta forma aparecerán los comentarios del usuario), ejemplo (de esta forma aparecerán los comentarios de los encuestadores).

Usuario #1

- ¿Entonces?
- *Cambiaron ciertas cosas para mejor pero hubo unas que empeoraron.*
- ¿Cómo qué?
- *Como que, osea ya no fastidia tanto en los hombros pero cuando hay el movimiento este (refiriéndose al giro de la cabeza al mirar hacia atrás) él se va echando hacia atrás (refiriéndose a la protección). Apreta más a este lado*
- ¿Y qué otras cosas?
- *No, de resto no le note así nada*
- ¿La girada así osea lo dejaba hacer hacia los lados?
- *Si, el giro en el cuello si mejoro bastante, pero entonces tiende a irse hacia atrás.*
- Ah listo, gracias.

Usuario #2

- ¿Y el casco no se lo abrocha?

- *No me gusta este casco, queda muy alto.*
- *¿Le queda más alto que lo normal?*
- *Si. ...*
- *(Anotación de un observador) pero es por el cuello de la chompa, apriétese más el cuello, está muy suelto.*
- *Sabe que no Jack*
- *¿No, no se siente bien?*
- *No, no hay movilidad*
- *No, si no se siente bien no la haga*
- *Y el casco queda encima acá del borde (refiriéndose a la parte posterior de la protección) y queda muy alto, osea que el casco me va quedando así, ¿si ve?*
- *¿Todavía le queda alto?*
- *No, queda como un robot. Igual si aguanta la idea pero no sé, ¿si lo adelgazo o no?*
- *Si, del otro si*
- *No, si me queda arriba el casco y no hay movilidad.*
- *(Anotación de un observador) De pronto es que el casco le queda mal, pruebe con otro*
- *No porque si es el casco que usa*
- *No porque todos los cascos son diferentes, todos no son iguales.*
- (El usuario acepta probar con otro casco.)
- *Se siente mejor el usuario y decide realizar la prueba. No tengo movilidad así (refiriéndose a la rotación),*
- *¿De resto, le ajusto bastante le apretó?*
- *No de ajuste si está bien, seria la altura, sería mejor que cada casco trajera la protección.*

- Ah listo, gracias.

Usuario #3

- *Es más fácil colocarse primero el casco para abrochárselo.*

- Entonces, ¿Cómo le fue?

- *Bien, pero osea, no sé, yo creo que es la costumbre igual uno se va acostumbrando a las cosas, pero la mayoría de veces uno nunca mira por el espejo para ver si viene un carro o para girar, entonces es como, no incomodo sino que el giro de la cabeza es más reducido. Pero no osea, físicamente se siente bien, pero es eso. El ajuste esta mejor este que el anterior. Y esto, en mi caso es eso, yo casi nunca miro por los espejos para girar, yo miro hacia atrás. Igual es más fácil colocarse primero el casco para abrocharse.*

- ¿Y el ajuste?

- Ah listo, listo bien, gracias.

Usuario #4

- ¿Cómo le fue?

- *Bien, pero de pronto por la costumbre de uno de girar hacia los lados es un poco incómodo.*

- ¿Ah no lo dejaba girar bien?

- *Si, hacia los lados así de pronto no da la... la... pá girar, pero de resto*

- ¿Y qué parte de la protección no lo dejaba girar?

- *No sé, esta parte acá (refiriéndose al interior), de pronto por lo que queda muy apretado acá, entonces no gira con uno y como que un poco incomoda.*

- ¿Y de resto no más, el casco no se le subió mucho?

- *Un poquito si, el casco se subió un poquito, lo que pasa es que este casco me queda grande.*

6.4. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS

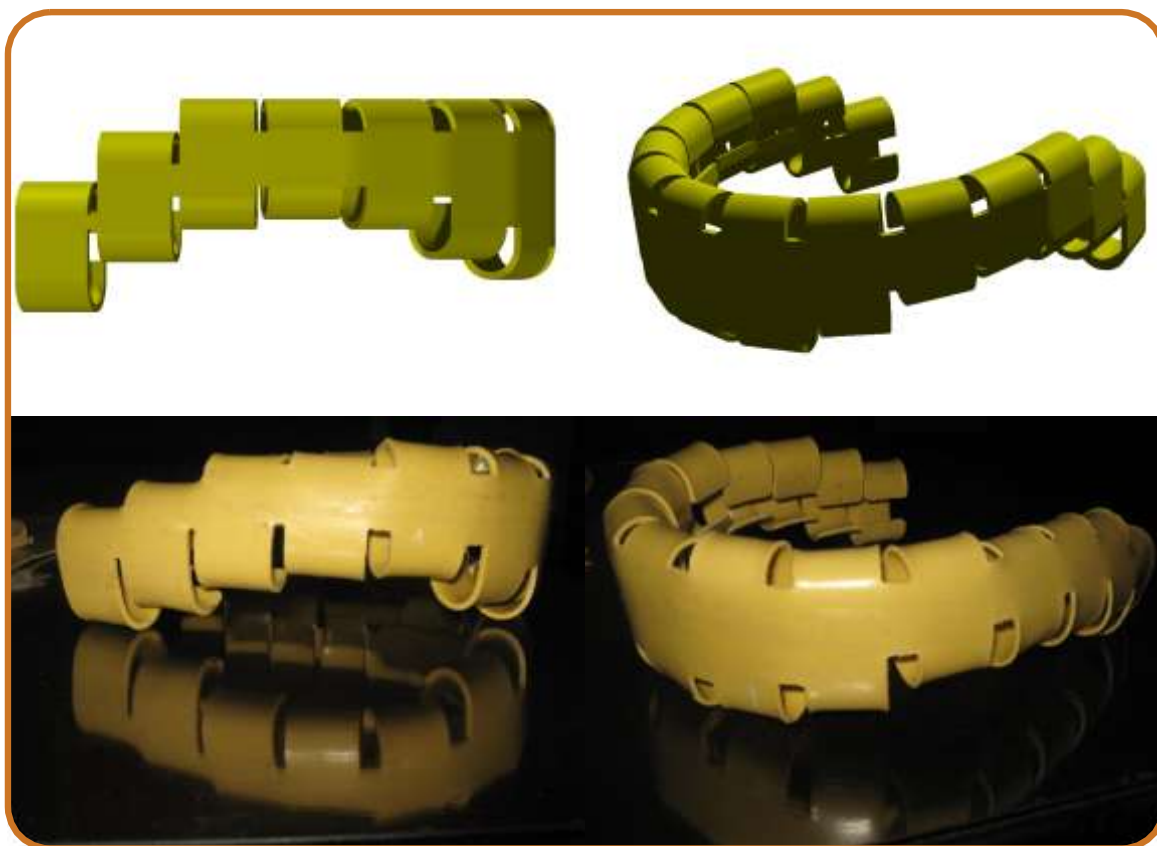
De acuerdo con los comentarios obtenidos se concluyó lo siguiente:

- El ajuste de la protección cervical es necesario, pues de lo contrario, la protección se moverá hacia los lados o hacia atrás y generará incomodidades en el usuario y un posible mal funcionamiento de la protección en el momento del accidente. Esto se indicará en el manual de usuario.
- Reducir la altura en los extremos benefició la rotación de la cabeza, permitiéndole al usuario el giro adecuado para observar hacia atrás.
- Es necesario el uso de un casco que sea adecuado para el usuario, pues un casco que sea muy grande para él, remitirá sus incomodidades a la protección cervical diciendo que es ella la responsable de que el casco quede más arriba de lo normal; y en el caso contrario, de un casco muy pequeño, puede ocasionar un mal funcionamiento de la protección al momento del impacto.
- Las dimensiones que respectan a la zona cervical de los usuarios de VMB en Bucaramanga se deben tener en cuenta, pues la variación de estas propondrá las diferentes tallas de la protección. Para esto se puede observar que a menor altura de la persona hay un menor peso y por ende una geometría de la estructura interna más pequeña, pues no es necesaria tanta resistencia por parte de la protección. Sin embargo, en el caso de extremos (por ejemplo una persona de baja estatura con alto peso) se requerirán diseños personalizados de acuerdo a la masa del usuario. Las diferentes tallas que se generen deberán ser evaluadas nuevamente para establecer el peso máximo del usuario con respecto a la protección cervical.
- La correcta secuencia de postura de los diferentes elementos de protección indica que primero debe ir el casco y luego la protección cervical. De esta forma el casco se abrochará correcta y cómodamente. Esto se indicará en el manual de usuario.

6.5. PROTOTIPO FINAL DE DISEÑO

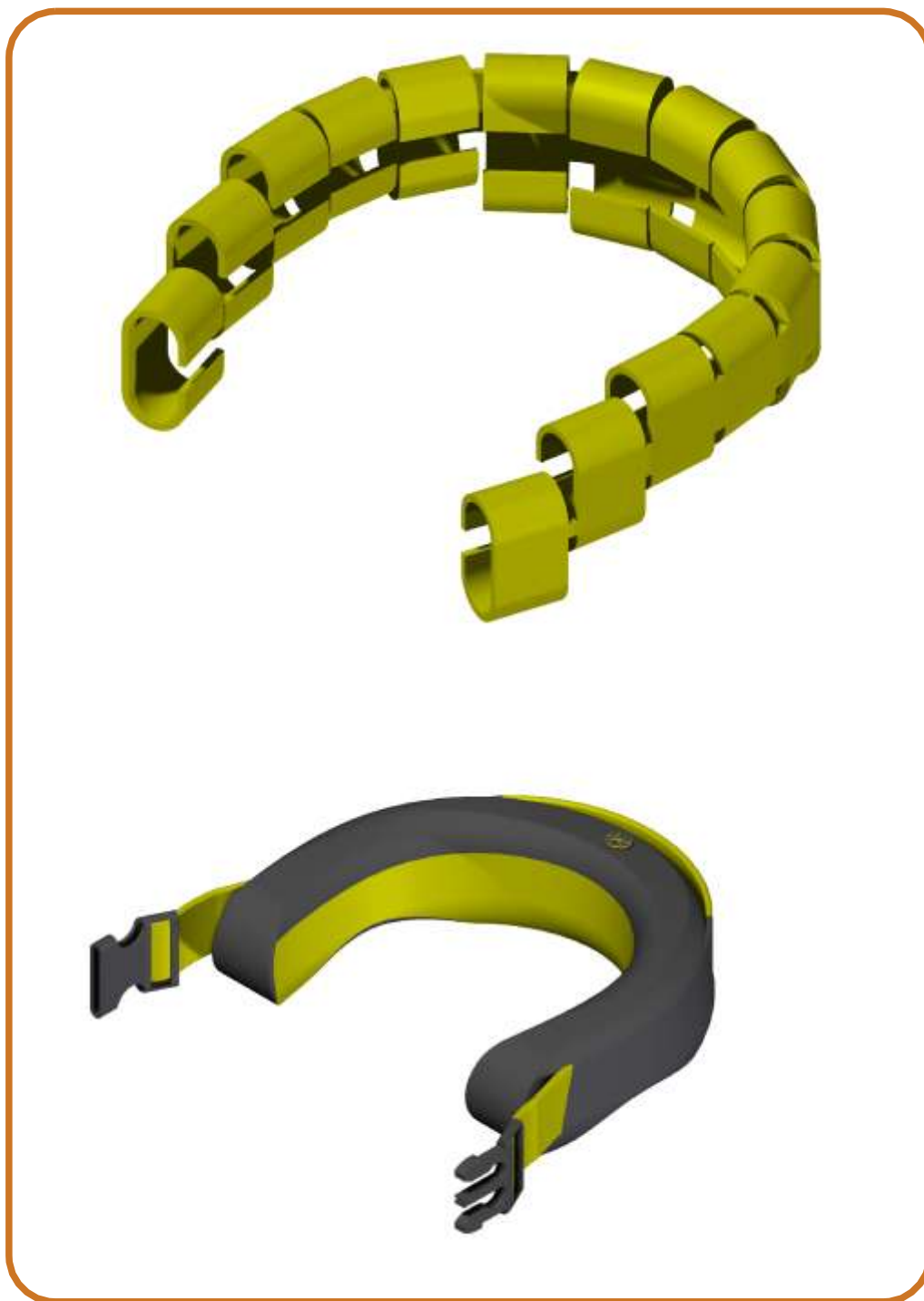
Se presentan los modelos finales a modo de comparación entre la imagen virtual y el resultado real obtenido.

Ilustración 58. PVC final.



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 96. PVC final y renderizado del producto.



Fuente: Elaborado por los autores.

Ilustración 59. Armado de la protección



Fuente: Elaborado por los autores.

Ilustración 60. Producto final vista posterior.



Fuente: Elaborado por los autores.

Ilustración 61. Producto final vista lateral



Fuente: Elaborado por los autores.

7. FASE DE COMUNICACIÓN

Las características principales establecidas para la imagen del proyecto son; su función (protección), la abstracción de forma (la cochinilla y el milpiés píldora) y el contexto al que va dirigido el proyecto (la seguridad vial).

7.1. IMAGEN DEL LOGO

Figura 97: Logo de la protección cervical

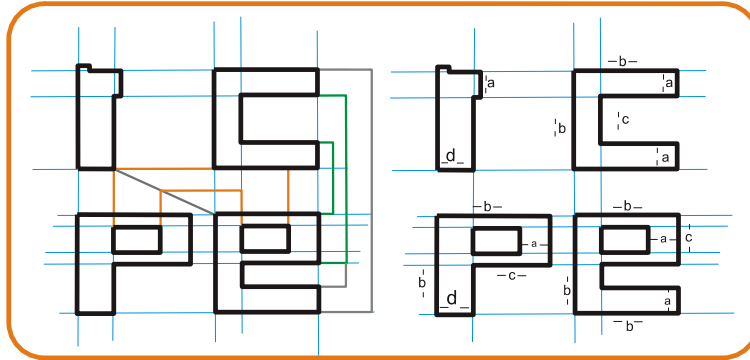


Fuente: Elaborado por los autores

Para dar una identidad y un mensaje visual, se definió el nombre con las dos principales palabras del proyecto, (protección cervical), obteniéndose con la abreviación el nombre **PROCER**. Aprovechando sus dos significados como protección cervical y como la definición textual que resalta la importancia, “prócer - persona de la primera distinción o constituida en alta dignidad, eminente.”²⁸ El logo tiene dos tipografías, PROCER tiene una diseñada y elaborada por los autores que mantiene una proporción entre todas las letras, y PROTECCIÓN CERVICAL tiene una prediseñada “Arial”, para la lectura del significado de la abreviatura.

²⁸ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, diccionario de la lengua española –vigésima segunda edición, En: buscon.rae.es/drae/ consultado: 2009

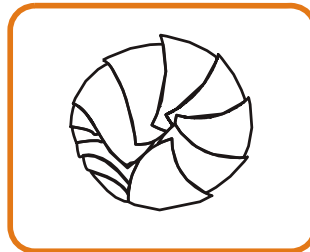
Figura 98. Proporción de la tipografía para el logo



Fuente: Elaborado por los autores

El nombre se complementa con la marca, que se resalta en el mismo logo dando una imagen inmediata de su contenido estructural, la forma enrollada de la cochinilla geometrizada, ubicada como la “O” en el logo. Este elemento gráfico hace que la marca pueda identificarse del resto y sobresalga en el mercado.

Figura 99: Geometrización de la cochinilla enrollada.



Fuente: Elaborado por los autores

El color se seleccionó teniendo en cuenta la última característica importante del contexto al que va dirigido el proyecto (prevención vial), manejando colores con combinaciones de alto contraste como el negro, blanco, amarillo y naranja; también denominado contraste claro-oscuro, se decidió utilizar la propuesta que tenía el contraste más equilibrado, dejando leer claramente la letra y su contenido gráfico.

Figura 100: Propuestas de color para el logo



Fuente: Elaborado por los autores

7.2. MANUAL DE USO

El manual de uso está encaminado a mostrar el correcto funcionamiento de la protección cervical; esta diseñado con un 90 % de ilustraciones, para un mejor entendimiento, se muestra el sentido correcto en el que se debe poner la protección, respetando la curva de los hombros, el ajuste de la correa y el sistema de sujeción. En las ilustraciones se lleva una secuencia ordenada de colocación de la protección cervical, insinuando que la persona debe colocarse el casco primero para luego utilizar la protección.

Figura 101: Manual del usuario

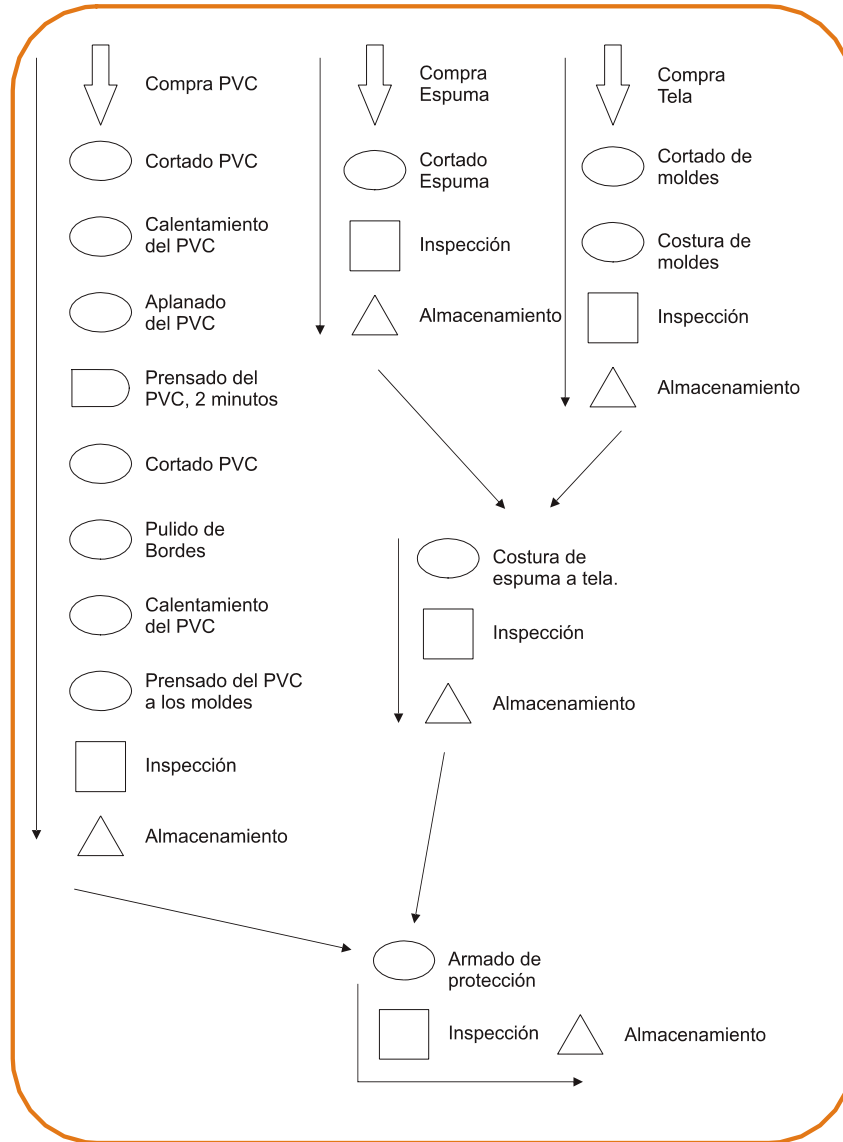


Fuente: Elaborado por los autores

7.3. ANÁLISIS DE MERCADO

7.3.1 Línea de procesos

Figura 102. Diagrama de proceso de producción



Fuente: Elaborado por los autores

7.3.2 Costos de producción

Tabla 29: Costo de producción por unidad

Parte de la protección	Material	Medidas	Procesos	Duración (h.)	Maquinaria	Costo Unitario Material (Pesos Colombianos)	Costo hora/máquina (Pesos Colombianos)	Costo hora/hombre (Pesos Colombianos)	Total unidad (Pesos Colombianos)
Interna	PVC	56 cm x 4" de diámetro (1/2 tramo)	Corte Inicial	0,0166	Caladora	6000	5000	1145	3102,007
			Aplanado	0,5	Pistola de calor	0	6000	1145	3572,5
			Prensado	0,0333	Prensas	0	0	1145	38,1285
			Corte Molde	1	Caladora	0	5000	1145	6145
			Pulido Bordes	0,5	Motor tool	0	2000	1145	1572,5
			Calentamiento	0,1666	Pistola de calor	0	6000	1145	1190,357
			Prensado a moldes	1	Prensas	0	0	1145	1145
			Espuma blanca	50x50 cm	Corte	0,0166	Bisturí	400	0
Externa	Espuma negra	60x12 cm	Corte	0,0166	Bisturí	300	0	1145	319,007
	Tela espumada amarilla	50x10 cm	Corte	0,0166	Bisturí	125	0	1145	144,007
	Tela impermeable	100x30 cm	Corte	0,0166	Bisturí	2000	0	1145	2019,007
			Costura LOGO	0,1666	Máquina de coser	0	8000	1145	1523,557
			Costura Tela 1 y 2	0,1666	Máquina de coser	0	8000	1145	1523,557
			Costura Telas - Espumas	0,25	Máquina de coser	0	8000	1145	2286,25
	Ajuste	Reata	1m	Corte	0,1666	Bisturí	1200	0	1145
	Broche		Costura a reata	0,1666	Máquina de coser	400	8000	1145	1923,557
TOTAL								28314,1985	

Fuente: Elaborado por los autores

De acuerdo con lo anterior se observó que siguiendo la línea de procesos planteada, se puede lograr un costo por unidad de producción de 28300 pesos colombianos netos. Se debe tener en cuenta que éste costo se puede reducir al trabajar una mayor producción.

8. CONCLUSIONES

- El sistema de protección cervical PROCER, ofrece a los usuarios de vehículos motorizados biplaza aumentar la seguridad, disminuyendo el riesgo de lesiones graves, evitando la hiperflexión en la zona cervical ante un impacto de 3080 N(Newton).
- La adaptación de una estructura natural al sistema de protección cervical brindó la resistencia necesaria, absorbiendo 595J, aproximadamente la mitad de la energía recibida por el cuerpo en el impacto que es de 1240J.
- La estructura del sistema de protección cervical PROCER, tiene un peso neto de 0.264kg, ofreciendo mayor comodidad al usuario mientras lo utiliza, esto es gracias al material utilizado, el policloruro de vinilo que fue escogido por sus características físico mecánicas, y por su bajo precio debido que es distribuido a nivel local.
- Las contracturas musculares se dan por la inmovilización del cuello durante un largo periodo, por esta razón PROCER brinda al usuario libertad de movimiento en la misma zona.
- El ajuste de la protección cervical PROCER es necesario, pues de lo contrario, la protección se moverá hacia los lados o hacia atrás y generará incomodidades en el usuario y un posible mal funcionamiento de la protección en el momento del accidente.
- Es necesario el uso de un casco que sea adecuado para el usuario, pues uno que sea muy grande para él, remitirá sus incomodidades a la protección cervical diciendo que es ella la responsable de que este sistema de protección quede más arriba de lo normal; y en el caso contrario, de un casco muy pequeño, puede ocasionar un mal funcionamiento de la protección al momento del impacto.
- Las dimensiones que respectan a la zona cervical de los usuarios de VMB en Bucaramanga se deben tener en cuenta, pues la variación de estas propondrá las diferentes tallas de la protección. Para esto se puede

observar que a menor altura de la persona hay un menor peso y por ende una geometría de la estructura interna más pequeña, pues no es necesaria tanta resistencia por parte de la protección. Sin embargo, en el caso de extremos (por ejemplo una persona de baja estatura con alto peso) se requerirán diseños personalizados de acuerdo a la masa del usuario. Las diferentes tallas que se generen deberán ser evaluadas con pruebas de impacto nuevamente para establecer el peso máximo del usuario con respecto a la protección cervical.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Anatomía Funcional Biomecánica, René Calliet, Capítulo 3: “Anatomía Funcional de la Columna Cervical”, Editorial: Marban Libros, 2005.
- APC System, Primer casco con airbag. En: <http://www.apcsystem.com>. Consultado: 2009.
- BIKE Company, En: <http://www.fogdog.com/>. Consultado: 2009.
- Brandt 1833; abreviatura utilizada para citar el nombre del naturalista alemán Johann Friedrich von Brandt, quien recopiló información sobre las especies más comunes encontradas en las islas británicas.
- Callister, William D. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Editorial Reverté S.A., 1995.
- Calphotos, collection of nature around the world. En: calphotos.berkeley.edu. Consultado: 2009
- Dainese. En: <http://www.dainese.com/>. Consultado 2009.
- Daño experimental de impacto a la columna cervical. En: <http://www.ejbjs.org/>. Consultado: 2009.
- Developing experimental cervical dummy models for testing low-speed rear-end collisions. Noboru Shiamoto.
- Douglas Pads. En: <http://www.douglaspads.com/>. Consultado: 2009.

- En: <http://www.arcesw.com/radiografias.htm>
- En: http://www.smf.org/standards/2005/m2005/m2005_final.html (estándar construcción cascos)
- En: www.transitobogota.gov.co/admin/contenido/documentos/FichaTecCascosMotosmay-92004_10_7_49.pdf
- EVS Sports. En: <http://www.evs-sports.com/>. Consultado: 2009.
- Factores de riesgo de mortalidad y morbilidad en accidentes de tráfico de ciclomotores y motocicletas, Carolina Donate López, Tesis Doctoral, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Granada, Granada 2006.
- Fish & Nature Explorer. En: <http://www.siamensis.org/>. Consultado: 2009
- HANS Performance Products. En: <http://hansdevice.com/site/index.html>. Consultado: 2009
- <http://cita.es/textos/recons.html>, Reconstrucción pericial de siniestros, Miguel Ángel Gallardo Ortiz
- <http://www.ejbjs.org/cgi/content/full/78/3/412#T01>, Experimental Impact Injury to the Cervical Spine: Relating Motion of the Head and the Mechanism of Injury. The journal of bone and Joint Surgery.

- Human head-neck biomechanics under axial tension, Department of Neurosurgery, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI 53226, USA.
- Impact Jackets, En: <http://www.impactjackets.com/>. Consultado: 2009.
- ISO 37: Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties.
- KTM Company, En: <http://www.ktm.com/Neck-Brace-Special.1299.0.html>. Consultado: 2009.
- Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Estándares Antropométricos, Julius Panero, Zelnik Martin, Editorial G.gili, 1984, 2ª edición.
- Medidas somatométricas, Antropometría, Laboratorio de producción, Campus Morelos, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2006.
- Micropics, Close-up pictures at high magnification. En: <http://micropics.org.uk/>. Consultado: 2009
- Motorcycle Airbag Jacket, En: <http://www.airbagjacket.com.sg/>. Consultado: 2009
- Naturaleza cantábrica, Asturnatura. En: www.asturnatura.com. Consultado: 2009
- Naturaleza del norte de Westfalia. En: www.natur-in-nrw.de/. Consultado: 2009

- Normas ICONTEC NTC 4533, Snell Memorial Foundation.
- NTC 1125. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE TUBOS Y ACCESORIOS TERMOPLÁSTICOS POR MEDIO DE UNA BALIZA, PESO EN CAÍDA.
- Organización mundial de la propiedad intelectual. En: <http://www.OMPI.int/>
- Radiografías del aparato locomotor. En: <http://www.arcesw.com/radiografias.htm>. Consultado: 2009
- Revista Forensis, Muerte y lesiones por accidentes de tránsito, Colombia, 2007
- Schutt Sports. En: <http://www.schuttsports.com/>. Consultado: 2009.
- Travel Pictures. En: travel.mongabay.com/. Consultado: 2009 Arkive, Images of life on earth. En: www.arkive.org/. Consultado: 2009
- Velocidad máxima para motocicletas, Res. No. 318 de 2008 expedida por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.
- Wikipedia. En: <http://en.wikipedia.org>. Consultado: 2009
- World Intellectual Property Organization. En: <http://www.wipo.int/>

ANEXOS

ANEXO 1 – CESVI COLOMBIA

Boletín Informativo
N.º 1
Enero de 2002



EL APOYACABEZAS



La seguridad en el automóvil es uno de los aspectos que ha evolucionado notablemente en los últimos años; en ella la seguridad pasiva, tiene una de las funciones más importantes al momento de minimizar las consecuencias de lesión en los ocupantes en el evento de una colisión. Por consiguiente, analizaremos a continuación el apoyacabezas (sistema de seguridad pasiva), su historia y uso adecuado, con el fin de lograr su correcta utilización.



1

CESVI COLOMBIA S.A., 2002 - Todos los derechos reservados

Revista Informativa

No. 1

Noviembre de 2012



1. HISTORIA

A comienzos de los años 60, una investigación dio como resultado que los apoyacabezas podían prevenir lesiones cervicales en impactos traseros o por alcance, debido al movimiento que ejerce la cabeza ante una desaceleración. Sin embargo, hacia los años 70 cuando éste se implantó de manera obligatoria a nivel mundial en las sillas delanteras, ocurría (y sigue ocurriendo) que los apoyacabezas se situaban en la parte más baja, de forma que su función ante un choque quedaba anulada y adicionalmente podía llegar a ser contraproducente (Foto No. 1).

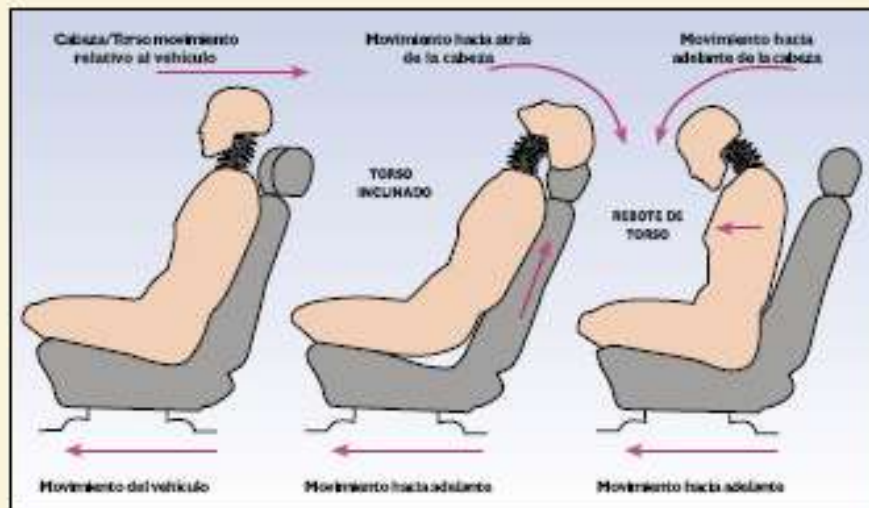


Foto No. 1. Diseño inicial de los apoyacabezas

2. ¿CÓMO SE PRODUCEN LAS LESIONES?

Se tiene claro que cuando se puede reducir al mínimo el movimiento entre la cabeza y el cuerpo, en una colisión de tipo frontal o por alcance (por detrás), la lesión es menos probable. Por tal motivo, el hecho que el apoyacabezas permanezca cerca de la cabeza, evita posibles lesiones durante una colisión.

Un vehículo que sufre una colisión trasera, se ve sometido a una aceleración hacia adelante, provocando que el asiento empuje al cuerpo del ocupante, acelerándolo también hacia adelante. Si la cabeza no está apoyada, oscila respecto al torso provocando en el cuello un rápido cambio de posición; éste toma forma de "S" al principio y luego se va hacia atrás, denominándose así el "efecto látigo" (Gráfica No. 1).



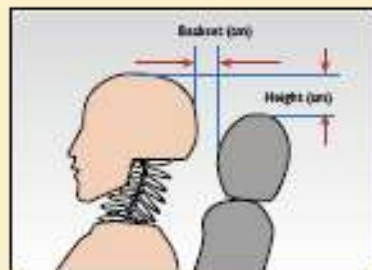
Gráfica No. 1. El efecto látigo



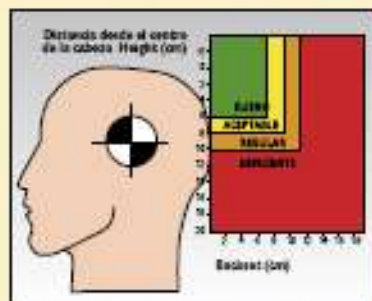
3. PARÁMETROS IMPORTANTES

Lo más importante para que un sistema de apoyacabezas sea eficaz, es que tenga una adecuada geometría; si éste no está justo detrás de la cabeza no podrá frenar la trayectoria de la misma ante un golpe, y por consiguiente se pueden producir lesiones que en algunas ocasiones suelen ser graves.

Estudios a nivel mundial basan sus resultados en la geometría del apoyacabezas, producto del análisis en cuanto a la altura (Height) y la distancia de la parte posterior de la cabeza al apoyacabezas (Backset) (Gráfica No. 2). En personas cuya constitución es media, es decir para prototipos de personas, dichas distancias deben ser menores a 9 cm. El backset debe ser tan pequeño como sea posible, teniendo en cuenta que nunca debe sobrepasar los 10 cm, de lo contrario las lesiones en el cuello aumentan considerablemente, es por ello que su clasificación varía desde bueno hasta deficiente (Gráfica No. 3).

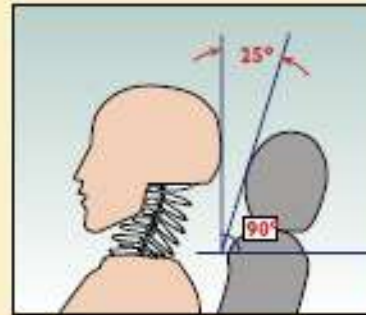


Gráfica No. 2. Distancias del apoyacabezas



Gráfica No. 3. Clasificación de las distancias del apoyacabezas

Lo correcto y estándar al momento de medir las distancias correspondientes, es tomar un ángulo de inclinación del apoyacabezas con respecto a la cabeza de 25° (Gráfica No. 4).



Gráfica No. 4. Ángulo de inclinación del apoyacabezas

4. EL NUEVO DUMMY BIORID

Al hablar de dummy nos referimos a un maniquí, el cual se utiliza en pruebas de choque de vehículos a velocidades controladas, para valorar las consecuencias de lesiones en los ocupantes.

Es por esto que producto de diferentes análisis se ha desarrollado el "BioRID" el cual permite hacer un estudio más detallado del movimiento de la cabeza respecto al cuello. En este dummy, la columna vertebral está compuesta por 24 vértebras, su cuello se mueve de manera similar al del ser humano, produciendo el efecto látigo (Foto No. 2).

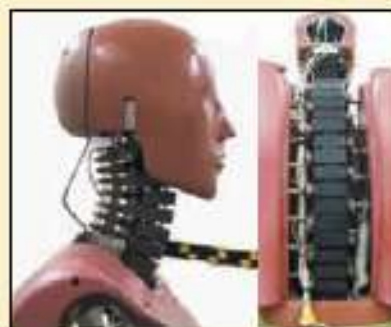


Foto No. 2. El dummy "BioRID"

Boletín Informativo
No. 1
Enero de 2002

CEVY COLOMBIA



Batallas Interactivas
Ea. 1
Enero de 2002



5. TECNOLOGÍA DE PUNTA (APOYACABEZAS ACTIVOS)

5.1. Sistema Pro-tech

Hoy en día se han incorporado nuevos diseños en los vehículos, teniendo en cuenta el peso del propio cuerpo humano y la fuerza del impacto, para accionar o disparar el sistema.

Su funcionamiento es sencillo, la espalda de la persona en su movimiento de retroceso, acciona unas barras que se encuentran unidas al apoyacabezas, dada su geometría (angular) cuando el cuerpo retrocede y choca contra las barras se produce el efecto palanca, con el que el sistema se desplaza hacia delante reduciendo el recorrido de la cabeza hacia atrás. Una vez que se ubica nuevamente en la posición normal de apoyacabezas, las barras vuelven a su posición inicial y en consecuencia el apoyacabezas también (Foto No. 3).

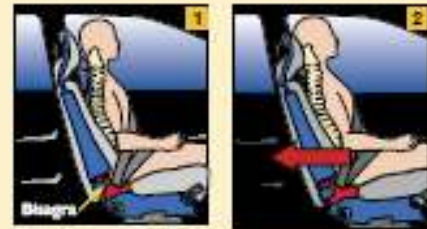


Foto No. 3. El sistema Pro-tech

5.2. Sistema Whips

Este sistema se comporta rígidamente como una sola unidad que forma el espaldar de la silla y el apoyacabezas, se caracteriza porque presenta una bisagra en la parte inferior de la silla que le permite moverse hacia atrás para disminuir la aceleración del

cuerpo hacia delante. El apoyacabezas que está situado lo suficientemente alto y cerca de la parte trasera de la cabeza, la sostiene por lo que se mueve hacia delante con el torso. La combinación de la lenta aceleración del cuerpo con el sostenimiento prematuro de la cabeza, hace que cambie menos y más lentamente de posición (Gráfica No. 5).



A. Momento del impacto B. El asiento retrocede



C. Se inclina hacia atrás para reducir fuerzas

Gráfica No. 5. El sistema Whips

6. RECOMENDACIONES

- Utilice el apoyacabezas, es un sistema de seguridad pasiva vital en el vehículo, no debe ser visto como elemento de comodidad.
- Siempre que vaya a transitar en un vehículo, además de abrocharse el cinturón verifique la altura del apoyacabezas.
- Tenga en cuenta que el beneficio de este elemento de seguridad se considera óptimo cuanto más cerca y detrás se encuentre de la cabeza.
- De una mala ubicación del apoyacabezas pueden resultar lesiones considerables en el cuello, ante un eventual accidente.



4

ANEXO 2 – ESTADÍSTICAS TRÁNSITO 2008

ACCIDENTALIDAD VAL

DIRECCION DE TRANSITO DE BUCARAMANGA
 OFICINA DIGITALIZACION Y ESTADISTICA
 Kilometro 4 via Girón Tel 4800988 ext. 105

BUCARAMANGA
 COORDINADOR GRUPO CONTROL VAL
 FAX 46040

ENTIDAD		DIRECCION DE TRANSITO DE BUCARAMANGA		CIUDAD		BUCARAMANGA	
Nombre	Apellido	Nombre	Apellido	Calle	Código Postal	Coordenadas	País
		GERARDO RESTANZOS BARRAJE		Kilometro 4 via Girón		COLOMBIA	
		DIRECCION DE TRANSITO DE BUCARAMANGA		BUCARAMANGA			
		CIUDAD		BUCARAMANGA			
I. Cantidad y clase de siniestros							
Clase	Atendidos	Muertos	Heridos				
Accidente	3112	30	1348				
Atropello	279	15	330				
Choque	180	1	281				
Caída	14	0	11				
Incendio	0	0	0				
Otro	112	0	31				
Sin categorizar	4	0	2				
Total	3309	55	1717				
II. Por meses							
Mes	Atendidos	Muertos	Heridos				
Enero	199	0	89				
Febrero	271	0	155				
Marzo	307	4	187				
Abril	32	0	14				
Mayo	265	0	144				
Junio	208	0	112				
Julio	247	0	145				
Agosto	242	0	154				
Septiembre	258	0	125				
Octubre	230	0	118				
Noviembre	264	0	146				
Diciembre	269	0	147				
Sin categorizar	1	0	1				
Total	3309	55	1717				
III. Por días							
Día	Atendidos	Muertos	Heridos				
Lunes	275	0	115				
Martes	440	0	258				
Miércoles	421	0	246				
Jueves	422	0	217				
Viernes	456	0	250				
Sábado	242	0	116				
Domingo	387	0	246				
Sin categorizar	1	0	1				
Total	3309	55	1717				
IV. Por hora							
hora	Atendidos	Muertos	Heridos				
00:00	1	0	0				
01:00	1	0	0				
02:00	1	0	0				
03:00	1	0	0				
04:00	1	0	0				
05:00	1	0	0				
06:00	1	0	0				
07:00	1	0	0				
08:00	1	0	0				
09:00	1	0	0				
10:00	1	0	0				
11:00	1	0	0				
12:00	1	0	0				
13:00	1	0	0				
14:00	1	0	0				
15:00	1	0	0				
16:00	1	0	0				
17:00	1	0	0				
18:00	1	0	0				
19:00	1	0	0				
20:00	1	0	0				
21:00	1	0	0				
22:00	1	0	0				
23:00	1	0	0				
24:00	1	0	0				
Total	3309	55	1717				
V. Por sexo							
Sexo	Atendidos	Muertos	Heridos				
Hombres	2111	30	1100				
Mujeres	1198	25	617				
Total	3309	55	1717				
VI. Por edad							
Edad	Atendidos	Muertos	Heridos				
0-4	0	0	0				
5-9	0	0	0				
10-14	0	0	0				
15-19	0	0	0				
20-24	0	0	0				
25-29	0	0	0				
30-34	0	0	0				
35-39	0	0	0				
40-44	0	0	0				
45-49	0	0	0				
50-54	0	0	0				
55-59	0	0	0				
60-64	0	0	0				
65-69	0	0	0				
70-74	0	0	0				
75-79	0	0	0				
80-84	0	0	0				
85-89	0	0	0				
90-94	0	0	0				
95-99	0	0	0				
Total	3309	55	1717				
VII. Por estado de salud							
Estado de salud	Atendidos	Muertos	Heridos				
Normal	2111	30	1100				
Con discapacidad	1198	25	617				
Total	3309	55	1717				
VIII. Por tipo de vehículo							
Tipo de vehículo	Atendidos	Muertos	Heridos				
Automóvil	1111	0	44				
Camión	21	0	27				
Autobús	4	0	4				
Camioneta	4	0	4				
Carro	3	0	3				
Carreta	3	0	3				
Carro de mano	3	0	3				
Carro de pedaleo	3	0	3				
Carro de tracción animal	3	0	3				
Carro de tracción humana	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción solar	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3	0	3				
Carro de tracción eléctrica	3	0	3				
Carro de tracción térmica	3	0	3				
Carro de tracción mecánica	3	0	3				
Carro de tracción hidráulica	3	0	3				
Carro de tracción neumática	3						

ANEXO 3 – REVISTA MOTOR, CICLOMOTORES.

LO
PRÁCTICO



Motos y ciclomotores

Los más vulnerables de la carretera

La gravedad de los accidentes de los motoristas les obliga a extremar su seguridad

La fragilidad en la carretera viaja en moto. En los últimos cinco años las motocicletas se han visto implicadas en casi 60.000 accidentes en España. Los percances más graves se han producido por salida de vía, ya que aunque sólo representan el 13% de los accidentes suponen casi el 40% de los fallecidos.

El casco...

- El 71% de las personas que fallecen en un accidente de moto han sufrido heridas en la cabeza.
- El cráneo humano no puede resistir un golpe por encima de los 17 km/h sin sufrir daños serios. Una caída a 30 km/h puede significar la muerte si se viaja sin casco y la cabeza choca contra un objeto contundente como un bordillo o el parachoques de un coche.
- El casco siempre debe llevarse puesto y abrochado.

- Recuerde que tiene que estar muy ajustado, pero sin apretar ninguna zona de su cabeza. Tampoco debe moverse si gira la cabeza con rapidez.
- La vida útil de un casco es de cinco años. En caso de caída se debe cambiar, aunque los daños externos no parezcan importantes.

... y las demás prendas de protección

- El uso de prendas adecuadas (pantalones, cazadoras, monos) es una garantía en caso de accidentes.
- El cuero ofrece una gran resistencia a la abrasión, pero es un pésimo aislante de la lluvia y el frío. Las prendas de materiales sintéticos, además de ser impermeables y más baratas, tienen más refuerzos y facilidades de ajuste.
- Para ver y ser visto en la carretera (el 64% de los accidentes de motos los causan vehículos de cua-

tro ruedas en cruces, intersecciones y salidas, y en la mayoría de los casos el conductor admite no haber visto al motorista) use un casco y ropa de colores claros, y con materiales reflectantes.

- Las botas que más protegen son las de cuero, forradas con capas impermeables y porosas, y reforzadas para proteger los pies en caso de accidente. El sistema de cierre debe garantizar la estanqueidad.
- Los guantes deben proteger del frío y de la lluvia, y, a la vez, ser flexibles para presionar los mandos, y rígidos para proteger las manos.
- Las protecciones, de cuero o sintéticas, deben ajustarse a las normas europeas 1621-1 en el caso de hombros y codos, y 1621-2 en la protección dorsal.

Pasajero a bordo

- Cuando lleve de "paqueta" a alguien que nunca haya viajado

Cascos para motoristas

No existe ningún casco que sirva para todos los motoristas, por eso es necesario probarse varios hasta acertar.

El casco debe ajustarse perfectamente a la cabeza para ofrecer total garantía.

La parte externa debe ser de materiales muy resistentes (plásticos, fibra de vidrio, carbono o kevlar).

La pantalla debe ser antivaho y antivientos.

La parte interior tiene que presionar sobre las pómulas, porque la esponja se va deformando con el uso.

Buena ventilación
Permite la circulación de aire dentro del casco evitando vibraciones al circular a mucha velocidad.



Poliestireno
Tiene la función de absorber gran parte del golpe en un accidente.

Interior
Algunos son desmontables, pero pueden gastarse cuando se los retira para ser lavados.

Etiqueta de homologación, que en España es la E9.

Sistemas de cierre
Doble anillo: es el más seguro porque mantiene el casco siempre bien ajustado.

Apertura rápida: es más rápida de atar.

66

MOTOR

consumir casco 67



antes en moto procure reducir al mínimo los sobresaltos, y extrema la precaución. Evite las frenadas y aceleraciones bruscas o los numerosos cambios de velocidad, ya que todo ello repercutirá en el confort de su pasajero.

- Si viaja acompañado compruebe con antelación si las presiones de los neumáticos son las adecuadas para llevar un pasajero porque en viajes por autopista se recomienda moverse con, al menos, medio kilo de carga extra en el neumático de atrás. De la misma manera se puede aumentar la precarga de muelle del amortiguador entre uno y dos puntos para evitar los peligrosos topes de suspensión y roces del vehículo con el suelo.
- El acompañante debe, al igual que el conductor, llevar puesto en todo momento el casco y vestir la indumentaria adecuada.
- Antes de emprender el viaje establezca una serie de gestos o señales mínimos para saber en todo momento si su pasajero se encuentra cómodo o tiene algún problema.
- Si es la primera vez que su acompañante viaja de "paquete" en una

moto asegúrese sobre cómo debe moverse en cada caso. Infórmele que debe permanecer sentado, sin mover la cabeza de forma continua de lado a lado; no hacer movimientos bruscos ni agarrarse a la moto, ni inclinarse en las curvas. Tampoco debe poner los pies en el suelo cuando se detiene ante un semáforo.

Ante la fragilidad, precaución

- Guarde la distancia de seguridad adecuada.
- Respete la mediana. Acostúmbrase a trazar las curvas utilizando sólo su propio carril, aunque crea que no viene nadie.
- Gire ligeramente la cabeza cuando vaya a cambiar de carril aunque no vaya a nadie en su retrovisor. Los ángulos muertos también afectan a los conductores de motos.
- Hágase ver en todo momento. Circule con los faros encendidos.
- No olvide usar los intermitentes para señalar cualquier maniobra.
- Anticipase a la acción de otros conductores.

→ Cuando adelante a varios coches tenga en cuenta que alguno puede salir hacia el carril izquierdo. La mayoría de los conductores miden las reacciones con su experiencia en los coches, y siempre creen que les va a dar tiempo.

- En las zonas donde haya mucha circulación y/o estacionamiento de vehículos de transporte pesado, ponga mucha atención en el estado del asfalto, e intente detectar con antelación manchas y sombras que delatan pérdidas de gasoil o aceite sobre la calzada.
- En las gasolineras procure pasar lejos de los surtidores de diésel. Tarda más en evaporarse y si los usuarios anteriores han derramado gasolina se ensuciará el neumático, lo que puede acarrearle un susto en la siguiente frenada.
- Si viaja en grupo con otras motos, circule a su propio ritmo y no trate de simular a otros conductores. Todas las motos no son iguales, y aunque encuentre en la vía una que se parezca mucho a la suya, tenga en cuenta que puede llevar suspensiones, neumáticos, y accesorios que desconoce. +

Modelos de cascos

En el mercado se pueden encontrar cuatro grupos diferentes de cascos según sea su uso y la protección que ofrecen.

Calentura o Ducha mental	ABIERTOS		INTEGRALES	MODULARES	MOTOGROSS
					
Sólo homologado para ciclomotoristas. Pocas garantías de seguridad. No protege la nuca ni las orejas.	El principal inconveniente de este tipo de casco es que no protege la zona de la nuca.	Dentro de la línea de cascos abiertos es el que aporta mayor seguridad porque cubre la nuca y las orejas.	Son los cascos más seguros y completos porque cubren toda la cabeza incluyendo el mentón.	Son similares a los integrales, pero pueden abrirse por la zona del mentón o la parte delantera.	Son cascos abiertos con pantalla y mentón, diseñados para usarse en el monte y en condiciones extremas.
Seguridad ★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★

ANEXO 4 – POLIETILENO VS. PVC



Últimamente nos han llegado mensajes de clientes y distribuidores preguntando y mostrando su preocupación en relación con cierta información que les ha llegado sobre los problemas que conllevan los armarios de cultivo. Algunos eran problemas muy simples, como por ejemplo que el material de cubierta se volvía frágil con el uso, o el hecho de que los armarios emitieran un olor raro incluso siendo nuevos (debido al desgastado). Otros, sin embargo, eran problemas extraños y complejos, incluso un poco preocupantes, como que las plantas pasaban a tener un color amarillento y a secarse dentro de los armarios de cultivo. Todos querían saber es si esto podría pasarles también con un Homebox original. La respuesta es "No."

¿Que cómo podemos estar tan seguros? Déjeme explicárselo.

Nuestros Homeboxes llevaban en el mercado más de tres años antes de que aparecieran las primeras imitaciones. Durante todo ese tiempo no hemos recibido ni una sola queja. Y, por supuesto, podemos garantizar que estos problemas no surgirán con ninguno de nuestros productos ya que son de la más alta calidad.

Solo el Homebox Original esta construido sin PVC. Utilizamos unicamente PE!

Al iniciar el proceso de desarrollo del armario de cultivo portátil, llamado Homebox, el principal problema fue encontrar el material perfecto adecuado para la cubierta. Las exigencias las tenemos claras:

- Resistente y duro pero no muy pesado
- Opaco
- Interior reflectante



Pronto quedó claro que debería ser una combinación de varios materiales en uno. Teniendo en cuenta estos aspectos, el Cloruro de polivinilo (PVC) parecía ser la mejor solución, seguido del Poliuretano (PU), que tiene unas propiedades muy similares. Es fácil de laminar, resistente y relativamente barato.

Pero también tenemos muy claras las exigencias respecto a la protección de:

- * La salud de los usuarios y los consumidores
- * El medio ambiente

Teniendo en cuenta estos factores, desechamos directamente tanto el PVC como el PU.

Llevamos a cabo importantes labores de investigación y, después de mucho tiempo y grandes inversiones en pruebas y ensayos, encontramos la combinación perfecta para nuestro material.



Consta de **3 capas**:

- * en la exterior utilizamos Poliamida (PA) enmallada, para conseguir resistencia y durabilidad y hacer posible el proceso de costura
- * en la capa central utilizamos Polietileno (PE) negro para garantizar que no deja pasar la luz
- * la capa interior es de PE blanco para garantizar un nivel de reflexión máximo y perfectas capacidades de limpieza

¡CULTIVA DE FORMA SEGURA CON EL HOMEBOX!



¿Por qué decidimos utilizar PA y PE en lugar de PVC o PU? ¿Y por qué resulta tan importante en referencia a los problemas que se producen?

Para explicarlo, vamos a ahondar un poco en la esencia de los materiales. ¿Cuáles son las diferentes características del PVC, PU, PA y PE?

PVC

El cloruro de polivinilo es un polímero termoplástico. El cloruro de polivinilo (PVC) resulta único por su contenido elevado en cloro y aditivos (suavizantes), que lo convierten en un veneno para el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida. El cloruro de vinilo es un reconocido producto cancerígeno para el ser humano (BVA 1986, 1987, 1993; Gray et al. 2000, Foster 2000, Erna et al. 2001, Kawlock et al. 2002a, 2002b, 2002c). El PVC libera dioxina y otras sustancias orgánicas persistentes durante su fabricación y elimina-

ción, y no puede reciclarse de forma inmediata debido al cloro y al contenido de aditivos.

Los trabajadores que se dedicaban a la fabricación del PVC empezaron a sentirse enfermos (problemas pulmonares y de articulaciones). Dicha dolencia recibió rápidamente el nombre de la enfermedad del VC.

Además, los aditivos no quedan unidos al plástico, sino que se filtran. Para que el PVC fuera suave era necesario añadir gran cantidad de suavizantes. Uno de los suavizantes utilizados con más frecuencia es el dietilhexil italato (DEHP). Los productos de PVC flexible suelen contener entre el 30 y el 40 por ciento de DEHP por peso, pero este porcentaje puede alcanzar hasta el 80 por ciento en aquellas aplicaciones en las que la flexibilidad es de vital importancia. Es un hecho constatado que el DEHP provoca trastornos hormonales y genera otro tipo de efectos nocivos para la salud (Ema et al. 1993, 1994, 1998; Shiota et al. 1980; Shiota und Nishimura 1982; Kavlock et al. 2002). El nivel de trastornos aumenta en niños y en los órganos genitales. En Estados Unidos y en los países de la Unión Europea se dejó de utilizar, pero sólo en los juguetes para niños, y únicamente en estos países. Nadie sabe qué suavizantes se utilizan en el PVC que se fabrica y se utiliza en productos importados de países como, por ejemplo, China.

¡CULTIVA DE FORMA SEGURA CON EL HOMEBOX!

PU

El poliuretano (PU) se utiliza principalmente en productos de aislamiento y suavizados/espumados, como por ejemplo el refuerzo de las alfombras. Utiliza varios productos intermedios peligrosos, y crea numerosos productos derivados peligrosos. Entre estos productos se incluyen el fosgeno, los isocianatos, el tolueno, las diaminas y los gases que acaban con la capa de ozono, como el cloruro de metileno y los CFC, así como los retardantes de llamas halogenados y los pigmentos. La quema de PU libera numerosos productos químicos peligrosos, como por ejemplo isocianatos, dióxido de carbón, cianuro de hidrógeno, PAH y dioxinas.

PE

Las poliolefinas, como por ejemplo el Polietileno (PE) son estructuras de polímero más sencillas que no necesitan plastificantes, aunque utilizan aditivos tales como estabilizadores de UV y del calor. Las poliolefinas presentan menores riesgos y tienen el potencial de reciclado mecánico más alto del mercado. Tanto el PE como el PP son versátiles, y pueden diseñarse para sustituir al PVC en casi todas las aplicaciones. El

PE puede fabricarse duro o muy flexible, sin el uso de plastificantes.

En comparación con el PVC, el PE utiliza menos aditivos problemáticos, la posibilidad de filtración en vertederos es menor, el potencial de formación de dioxina durante el quemado es inferior (el PE se quema completamente generando CO₂ y H₂O) y presenta menores costes y problemas técnicos durante el reciclado.

PA

Las poliamidas pueden generarse de forma natural como por ejemplo en forma de proteínas, como es el caso de la lana y la seda, y también pueden fabricarse de forma artificial. Uno de estos ejemplos es el Nylon. Presentan diversas características que las convierte en un material perfecto para la fabricación de tejidos: ligero, elástico, se puede manchar, a prueba de Mohr, a prueba de desgaste, no pierde propiedades y es resistente tanto a filtraciones como a arrugas.

Tras este breve repaso a los materiales, debería haber quedado claro la razón por la que el material PVC utilizado en la mayoría de copias falsas probablemente sea la causa de los problemas que surgen.

En EASTSIDE-impex invertimos gran cantidad de tiempo y dinero en encontrar el socio más adecuado en China, que es capaz de procesar PE y PA para convertirlo en el material que utilizamos. No fue una tarea sencilla, pero sabemos que no podíamos utilizar la alternativa (PVC).

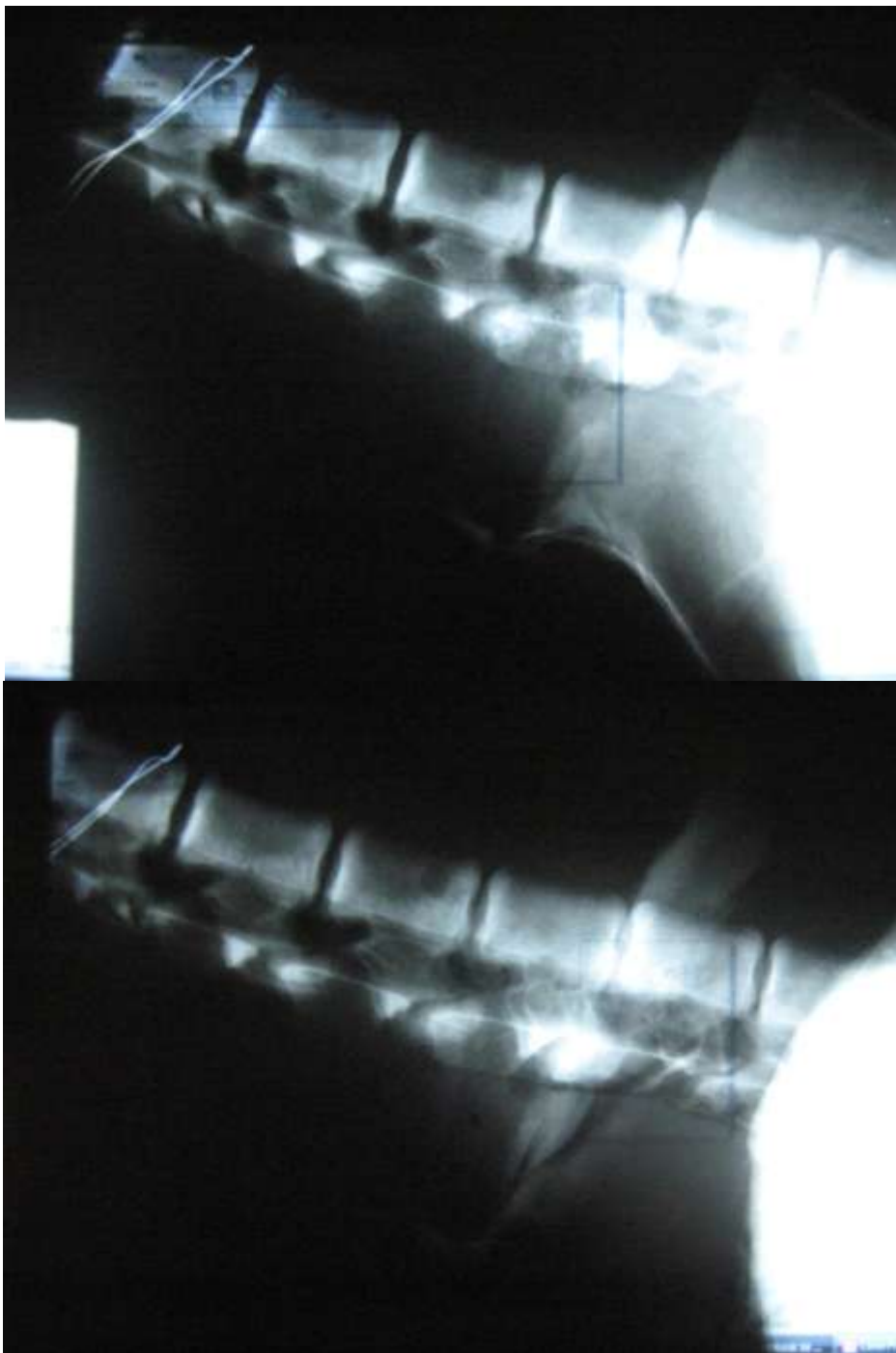
Nuestra filosofía es que la mejor forma de ganar dinero es que nuestros clientes estén contentos, seguros y con un buen estado de salud, no a través de conseguir la mayor cantidad de beneficios posibles.

Departamento I+D de EASTSIDE-impex
www.homebox.net

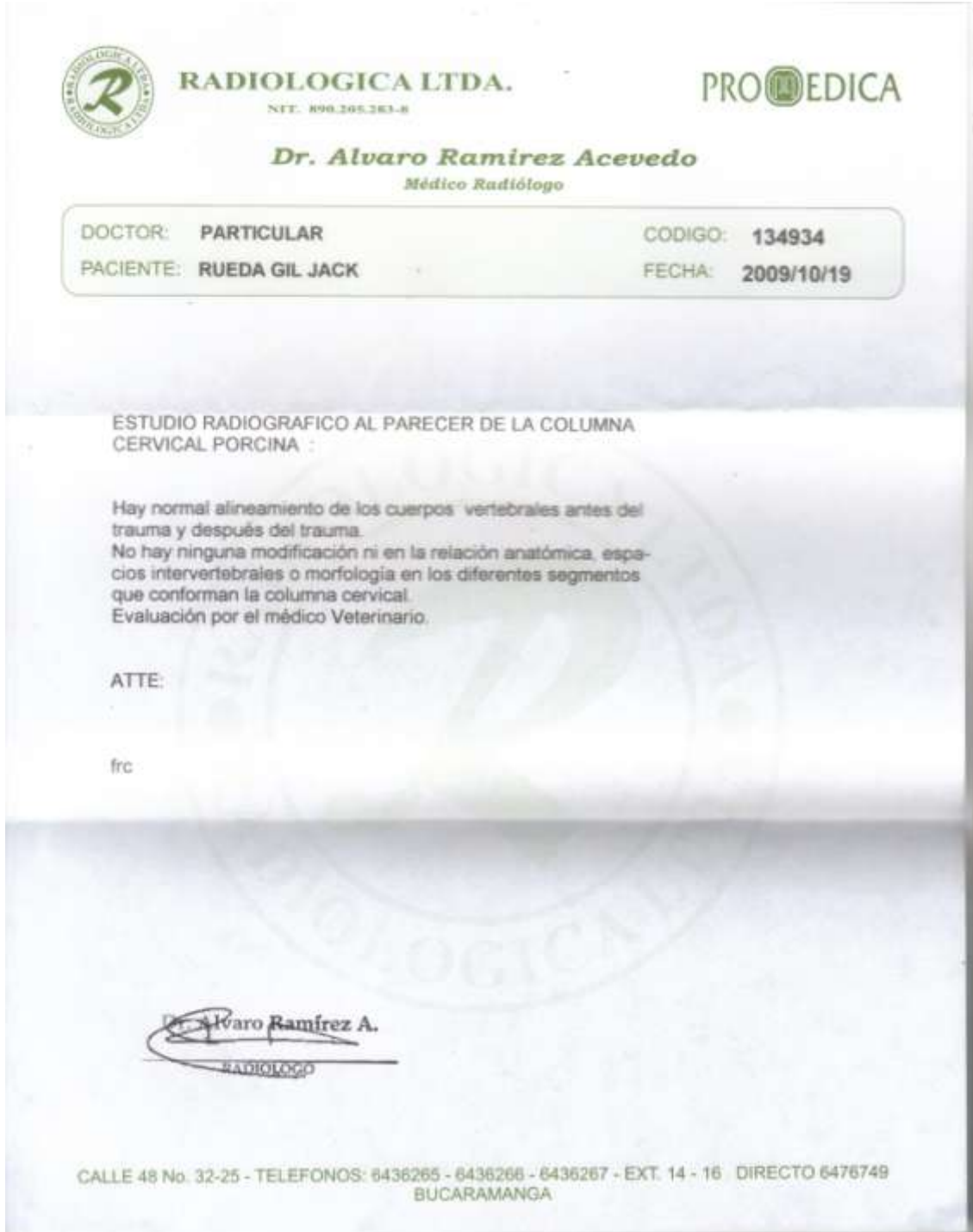
Te tenemos cubierto!




ANEXO 4 – RADIOGRAFÍAS ZONA CERVICAL, ANTES Y DESPUES DEL IMPACTO.



**ANEXO 5 – CARTA DE CERTIFICACIÓN DE UN MÉDICO VETERINARIO
APROBADA POR UN RADIOLOGO QUE INDICA QUE NO HUBO FRACTURA
DESPUÉS DEL IMPACTO.**



 **RADIOLOGICA LTDA.**
NIT. 890.205.283-8

PROMEDICA

Dr. Alvaro Ramirez Acevedo
Médico Radiólogo


DOCTOR: PARTICULAR	CODIGO: 134934
PACIENTE: RUEDA GIL JACK	FECHA: 2009/10/19

ESTUDIO RADIOGRAFICO AL PARECER DE LA COLUMNA
CERVICAL PORCINA :

Hay normal alineamiento de los cuerpos vertebrales antes del trauma y después del trauma.
No hay ninguna modificación ni en la relación anatómica, espacios intervertebrales o morfología en los diferentes segmentos que conforman la columna cervical.
Evaluación por el médico Veterinario.

ATTE:

frc


Dr. Alvaro Ramirez A.
RADIOLOGO

CALLE 48 No. 32-25 - TELEFONOS: 6436265 - 6436266 - 6436267 - EXT. 14 - 16 DIRECTO 6476749
BUCARAMANGA