

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE
RETENCION INFANTIL UBICADO EN EL ASIENTO DEL
TRANSPORTE ESCOLAR DURANTE UNA COLISION MEDIANTE
SIMULACIÓN”

Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz.

Autores:

Gallegos Cuenca José Humberto

Guzmán Campoverde Mauro Genaro

Director:

Ing. Paul Méndez

Cuenca, Marzo de 2015

DEDICATORIAS

Este trabajo esta dedico primeramente a Dios, a mis padres Juan Pedro Gallegos Trujillo y Blanca Luz Cuenca Alvarado; a mis hermanos Blanca Verónica, Yheizzi Liliana, Juan Pedro Gallegos Cuenca, quienes han sido el pilar fundamental en la formación de mi vida profesional.

José Humberto Gallegos Cuenca

Este trabajo dedico primeramente a Dios, a mis padres y a mis hermanos, quienes han sido el pilar fundamental en la formación de mi vida profesional.

Mauro Genaro Guzmán Campoverde

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y a los Ingenieros Paul Méndez y Marco Amaya quienes conjuntamente me brindaron su ayuda y conocimientos para la elaboración de mi Tesis.

Agradezco infinitamente a la Universidad Politécnica Salesiana que me permitió formarme académicamente para mi formación profesional.

Mauro Genaro Guzmán Campoverde

Gracias a Dios, porque que él me dado la sabiduría a lo largo de mis estudios y de forma especial a Nuestra Madre Santísima la Virgen María quien ha sido mi amparo espiritual.

Agradezco a los Ingenieros Paul Méndez y Marco Amaya quienes conjuntamente me brindaron su ayuda y conocimientos para la elaboración de mi Tesis.

Agradezco profundamente a la Universidad Politécnica Salesiana que me abrió las puertas para mi formación profesional.

José Humberto Gallegos Cuenca


DECLARATORIA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. En tal virtud los fundamentos técnicos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigentes.



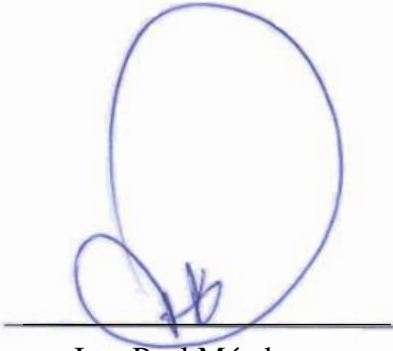
Gallegos Cuenca José Humberto



Guzmán Campoverde Mauro Genaro

CERTIFICADO

Que el presente proyecto de tesis “*Estudio del comportamiento del sistema de retención infantil ubicado en el asiento del transporte escolar durante una colisión mediante simulación*”, realizado por los estudiantes: Gallegos Cuenca José Humberto, Guzmán Campoverde Mauro Genaro, fue dirigido por mi persona.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop and a smaller loop below it, positioned above a horizontal line.

Ing. Paul Méndez

DIRECTOR DE TESIS

ÍNDICE

DEDICATORIAS	II
AGRADECIMIENTOS	III
DECLARATORIA.....	IV
CERTIFICADO	V
CAPITULO I.....	1
1 ESPECIFICACIONES, NORMAS Y REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL UBICADO EN LOS ASIENTOS DEL TRASPORTE ESCOLAR CON RESPECTO A LA NORMATIVA EUROPEA	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Sistema de retención infantil (SRI).....	1
1.3 Para qué sirve el sistema de retención infantil (SRI)[1]	1
1.4 Tipos de cinturón de seguridad[2]	2
1.4.1 Cinturón abdominal y diagonal de tres puntos.....	2
1.4.2 Cinturón abdominal de dos puntos.....	2
1.4.3 Cinturón diagonal.....	3
1.4.4 Arnés completo	4
1.5 Tipos de sistemas de retención infantil[2]	4
1.5.1 Grupo 0 o 0+	5
1.5.2 Grupo I.....	6
1.5.3 Grupo II.....	6
1.5.4 Grupo III	7
1.6 Especificaciones técnicas.....	7
1.6.1 Especificaciones según Real Decreto 443/2001[4].....	7
1.7 NORMAS DEL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL (SRI)[5].....	11
1.8 Requerimientos	23
1.8.1 Etiqueta de homologación.....	24
CAPITULO II	25
2 SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL EN EL TRANSPORTE ESCOLAR Y LA BIOMECÁNICA DEL CUERPO HUMANO.....	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Biomecánica[9].....	25
2.2.1 Definición de biomecánica.....	25

2.2.1.1	Biomecánica clínicas.....	26
2.2.1.2	Biomecánica ocupacional.	26
2.2.1.3	Biomecánica deportiva.....	26
2.3	El dummy.....	26
2.3.1	Historia del dummy.....	26
2.3.2	Dummy Hybrid III	28
2.3.2.1	Hybrid III masculino, percentil 50.....	28
2.3.2.2	Hybrid III masculino, percentil 95	28
2.3.2.3	Hybrid III percentil 5: Versión femenina.....	29
2.3.2.4	Hybrid III infantil de tres años:.....	29
2.3.2.5	Hybrid III infantil de seis años:.....	29
2.3.2.6	Hybrid III infantil de diez años:	30
2.3.3	Instrumentación Hybrid III	30
2.4	Criterios de lesión en partes específicas del cuerpo humano	31
2.4.1	Criterios de lesión en la cabeza.....	31
2.4.2	Criterios de lesiones cuello	32
2.4.3	Criterios de lesiones torácicos.....	33
CAPITULO III.....		35
3	REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN QUE PERMITA OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SEGURIDAD DE LOS ASIENTOS CON LOS NIÑOS.	35
3.1	PROGRAMAS DE SIMULACIÓN	35
3.2	Metodología	35
3.2.1	Información del dummy.....	36
3.2.2	Construcción del dummy	37
3.2.2.1	Cabeza.....	38
3.2.2.2	Cuello.....	38
3.2.2.3	Tórax	39
3.2.2.4	Pelvis.....	39
3.2.2.5	Rótula.....	40
3.2.2.6	Ensamble del dummy.....	40
3.2.3	Construcción del asiento para el dummy	41
3.2.4	Desarrollo de la Simulación.....	43
3.2.4.1	Parámetros del dummy.....	43
3.2.4.2	Parámetros del asiento, anclajes y del cinturón de seguridad	44
3.2.4.3	Parámetros de la pared	44

3.2.4.4	Desarrollo de la simulación.....	45
3.2.4.4.1	Pre-proceso.....	45
3.2.4.4.2	Proceso.....	48
3.2.4.4.3	Post- Proceso.....	50
CAPITULO IV.....		51
4	ANALISIS DE RESULTADOS	51
4.1	Sistema de retención infantil sin cojín elevador	51
4.1.1	Aceleraciones en la cabeza	51
4.1.2	Aceleraciones en el tórax	52
4.1.3	Aceleraciones en la pelvis.....	52
4.2	Sistema de retención infantil utilizando el cojín elevador	53
4.2.1	Aceleración en la cabeza.....	53
4.2.2	Aceleraciones en el tórax	53
4.2.3	Aceleraciones en la pelvis.....	54
4.3	Comparación de resultados del sistema de retención infantil sin cojín elevador y utilizando el cojín elevador.....	55
CONCLUSIONES		56
RECOMENDACIONES		57
BIBLIOGRAFIA		58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Cinturón abdominal y diagonal de tres puntos.....	2
Figura 1.2: Cinturón abdominal de dos puntos.....	3
Figura 1.3: Cinturón diagonal.....	3
Figura 1.4: Cinturón de arnés completo.	4
Figura 1.5: Silla de bebe.....	5
Figura 1.6: Silla con arnés.....	6
Figura 1.7: Asiento elevador con respaldo.....	7
Figura 1.8: Cojín elevador.....	7
Figura 1.9: Posicionamiento correcto del cinturón de seguridad.....	23
Figura 10.10: Etiqueta de homologación.....	24
Figura 2.11: Furgoneta escolar.....	25
Figura 12: Hybrid II y Hybrid III.....	27
Figura 13: Hybrid III masculino, percentil 50.....	28
Figura 14: Hybrid III masculino, percentil 95.....	28
Figura 15: Hybrid III percentil 5.....	29
Figura 16: Hybrid III, 3 años.....	29
Figura 17: Hybrid III, 6 años.....	29
Figura 18: Hybrid III infantil, 10 años.....	30
Figura 19: Ubicación de los sensores.....	30
Figura 3.1: Dimensiones externas del dummy Hybrid III Q6.....	36
Figura 3.2: Dimensiones del Hybrid III, Q6 niño.....	37
Figura 3.3: Cabeza del dummy.....	38
Figura 3.4: Cuello del dummy.....	38
Figura 3.5: Tórax del dummy.....	39
Figura 3.6: Pelvis del dummy.....	39
Figura 3.7: Rotula del dummy.....	40
Figura 3.8: Ensamblado del dummy.....	40
Figura 3.9: Dimensiones del asiento.....	41
Figura 3.10: Asiento sin el SRI(A) y con el SRI (B).....	42
Figura 3.11: Ubicación del dummy sin el SRI y con el SRI.....	42
Figura 3.12: Masas del dummy Hybrid III Q6.....	43
Figura 3.13: Creación y selección del material.....	45
Figura 3.14: Importación del dummy para el análisis.....	46
Figura 3.15: Importada la geometría ir a Model (Modelo).....	46
Figura 3.16: Procedimientos a realizar en la geometría.....	47
Figura 3.17: Selección de los cuerpos para la Interacción del mismo.....	47
Figura 3.18: Generación de la malla a la geometría.....	48
Figura 3.19: Selección de los cuerpos para establecer la velocidad.....	48
Figura 3.20: Colocación del tiempo a realizarse en la simulación.....	49
Figura 3.21: Ubicación de las cargas respectivas en el dummy.....	49
Figura 3.22: Los resultados obtenidos.....	50
Figura 4.1: Aceleraciones en la cabeza.....	51

Figura 4. 2: Aceleraciones en el tórax	52
Figura 4. 3: Aceleraciones en la pelvis.....	52
Figura 4. 4: Aceleraciones en la cabeza.....	53
Figura 4. 5: Aceleraciones en el tórax.	54
Figura 4. 6: Aceleraciones en la pelvis.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Categoría de peso.....	5
Tabla 2.1: Niveles críticos del HIC.....	31
Tabla 2. 3: Valores del CTI.....	33
Tabla 2. 4: Límites adicionales sobre la deflexión y la aceleración.....	34
Tabla 2.5: Datos biomecánicos.....	34
Tabla 3. 1: Parámetros del material del asiento y sus anclajes.	44
Tabla 3. 2: Parámetros del material del cinturón de seguridad.....	44
Tabla 3. 3: Parámetros de la pared.....	44
Tabla 4. 1: Aceleraciones resultantes sin el cojín elevador.....	55
Tabla 4. 2: Aceleraciones resultantes utilizando el cojín elevador.....	55

RESUMEN

En este proyecto se presenta el estudio del comportamiento del sistema de retención infantil ubicado en los asientos de transporte escolar mediante simulación, permitiendo observar las aceleraciones que existen en las partes del cuerpo de un niño que no utilice el cojín elevador y de un niño que utilice cojín elevador, basándose mediante normativas europeas.

Inicialmente se describe la importancia que tiene el sistema de retención infantil (SRI) al momento de realizar un viaje en el vehículo y además de los tipos de sistemas de retención infantil, enfocados estos a su vez a la normativa.

A continuación se describe brevemente la historia del dummy (maniquí) y su respectiva clasificación y además se puede observar los criterios de lesión que existe en cada una de las partes del cuerpo del dummy.

Seguidamente, se procede a realizar la construcción o diseño de un dummy de seis años basado en el modelo del dummy del Hybrid III de seis años, para posteriormente observar el comportamiento de las aceleraciones de las diversas partes del dummy al momento de una colisión.

Finalmente se da a conocer la comparación de los resultados de las aceleraciones resultantes, que se han dado en el dummy con la utilización del cojín elevador y sin el cojín elevador.

Palabras claves: Dummy, SRI.

CAPITULO I

1 ESPECIFICACIONES, NORMAS Y REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL UBICADO EN LOS ASIENTOS DEL TRASPORTE ESCOLAR CON RESPECTO A LA NORMATIVA EUROPEA

1.1 Generalidades

Los niños que están entre seis y doce años de edad, son los pasajeros más vulnerables al momento de trasladarse en el vehículo, puesto que dependen de sus padres y terceras personas que cuiden por su seguridad, además el cuerpo del niño en comparación con el adulto es más sensible y carece de reacciones inmediatas al momento de un accidente.

En la actualidad los sistemas de retención infantil (SRI) han pasado de ser unos accesorios en el vehículo a una obligación y en caso de incumplir reciben una severa sanción referente al reglamento Europeo, en Ecuador no se aplica este sistema de retención infantil en los vehículos de transporte escolar.

1.2 Sistema de retención infantil (SRI)

Los sistemas de retención infantil se nombran de esta manera a las sillas u otros mecanismos de retención homologados para transportar a los niños de una manera segura en los vehículos.

Los niños deben usar estas sillas infantiles de manera obligatoria hasta que cumplan los 12 años o hasta que el niño o niña tenga una altura superior a los 135 cm.

1.3 Para qué sirve el sistema de retención infantil (SRI)[1]

- Llevar correctamente el sistema de retención infantil reduce el riesgo del niño ante una colisión, evitando así que sufra lesiones severas e incluso la muerte.

- Los niños en comparación con el adulto no cuentan con la misma proporción física, además su peso corporal está distribuido en mayor proporción en la parte superior del cuerpo. Teniendo en cuenta el desarrollo muscular y óseo a edades tempranas.
- Los niños no pueden desplazarse con cinturón de seguridad de 2 puntos en ningún caso.

1.4 Tipos de cinturón de seguridad[2]

1.4.1 Cinturón abdominal y diagonal de tres puntos

Este tipo de cinturón es considerado por su eficacia y facilidad de uso, además este modelo de cinturón se utiliza con mayor frecuencia en los automóviles, camionetas, furgonetas, etc. La lengüeta del cinturón se acopla en la hebilla. En los asientos delanteros de los automóviles se encuentra generalmente al final de un bastón rígido o fijado al asiento. Este tipo de cinturón previene que el ocupante se mantenga en su asiento, como se ilustra en la figura 1.1.

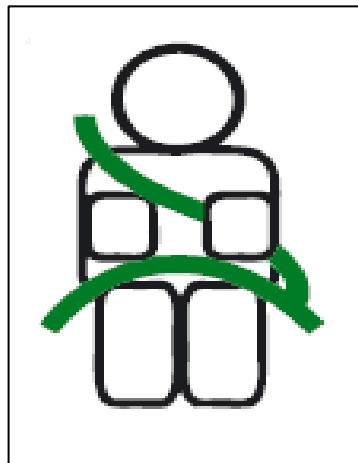


Figura 1.1: Cinturón abdominal y diagonal de tres puntos.

Fuente:[2]

1.4.2 Cinturón abdominal de dos puntos

Este modelo de cinturón o conocido como “cinturón de cadera”, el modelo de este cinturón es inferior al de tres puntos, pero puede resultar conveniente para mantener la posición del ocupante en el asiento.

El cinturón se coloca sobre las caderas del ocupante, en el cual se lo utiliza principalmente en aviones y autobuses. Además ha sido criticado por causar la separación de la espina lumbar, causando a veces parálisis conocido como “síndrome del cinturón de seguridad”, como se muestra en la figura 1.2.

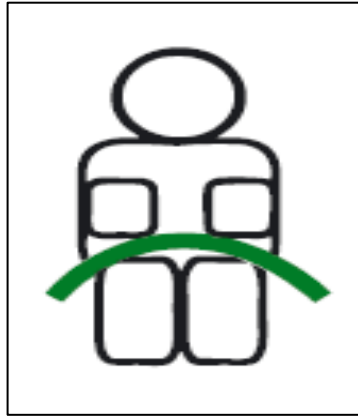


Figura 1.2: Cinturon abdominal de dos puntos.

Fuente:[2]

1.4.3 Cinturón diagonal

Este diseño de cinturón diagonal simple brinda una mejor retención en lo que es la parte superior del cuerpo del ocupante, en comparación con el cinturón de cadera, pero se ha indicado obtener inferiores resultados para prevenir la expulsión y el “submarining” deslizamiento bajo el cinturón, como se observa en la figura 1.3.

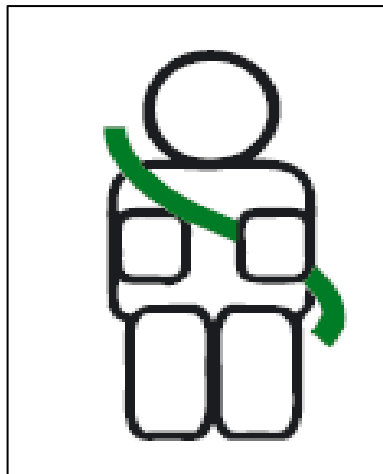


Figura 1.3: Cinturón diagonal.

Fuente:[2]

1.4.4 Arnés completo

Este tipo de arnés completo consta (dos hombros, abdomen y muslos con hebilla central), el cual ofrece una mejor protección en lo que es contra la expulsión, como contra el contacto interior. A pesar de, este modelo es un poco incómodo de colocar y no se puede manipular simplemente con una mano.

Este modelo es uno de los más seguros y se suelen utilizar en sillas para niños y en automóviles de competición, como se ilustra en la figura 1.4.



Figura 1.4: Cinturón de arnés completo.

Fuente:[3]

1.5 Tipos de sistemas de retención infantil[2]

La parte más segura en donde pueden viajar los niños menores de 12 años es en el asiento de atrás, debidamente sentado con su respectivo sistema de retención infantil homologado y correctamente sujeto. Existen varios tipos de sistemas de retención. El principal aspecto al momento de elegir un sistema de retención, se debe considerar el peso del niño (tabla 1.1). Los niños que estén por encima de 1.35 m de estatura y del peso especificados, deben utilizar el cinturón abdominal y diagonal de tres puntos adaptado correctamente al momento de viajar en un vehículo.

Tabla 1.1: Categoría de peso.

Fuente:[2]

Grupo	Descripción
0	Para niños con peso menor de 10 kg
0+	Para niños con peso menor de 13 kg
I	Para niños con peso de 9 kg a 18kg
II	Para niños con peso de 15 kg a 25 kg
III	Para niños con peso de 22 kg a 36 kg

1.5.1 Grupo 0 o 0+

En esta categoría se incluye al bebe desde su nacimiento. El sistema de retención infantil denominado en este grupo como “sillita de bebes” , como se muestra en la figura 1.5, la silla debe estar ubicada en sentido contrario a la marcha donde ofrece la mejor protección para los bebes hasta cumplir un año de edad y que tengan un peso de por lo menos 13 kilogramos. La parte más segura para los bebes es el asiento posterior, en la cual la sillita para bebes homologada debe estar colocada en sentido contrario a la marcha.



Figura 1.5: Silla de bebe.

Fuente:[2]

1.5.2 Grupo I

En este grupo corresponde a los niños que se encuentran desde 1 año hasta los 4 años de edad, o también se lo podría utilizar hasta que su peso sea superior a los 18 kg. El niño va ubicado en una silla a través de un arnés, como se ilustra en la figura 1.6, el cual estará colocado en el asiento delantero o trasero.

Este sistema de retención puede ubicarse en el sentido de la marcha o al contrario, este último caso va fijado con el cinturón de seguridad de tres puntos.



Figura 1.6: Silla con arnés.

Fuente: [2]

1.5.3 Grupo II

Los asientos elevadores con respaldo pueden utilizar los niños entre 4 y 6 años, además estos asientos han sido diseñados para pesos que van desde 15 kg hasta 25 kg. Este sistema de retención o asientos elevadores van ubicado en el asiento trasero del vehículo y colocados de frente, de una manera que permita usar el cinturón de seguridad de tres puntos mediante el cual el cinturón de seguridad debe ajustarse adecuadamente pasando por el pecho, cruzando en diagonal por el hombro, no por la nuca, y sujetando correctamente la zona pélvica. Además hay que tener en cuenta, el cinturón de seguridad, si el cinturón pasa por encima del estómago, podría ocasionar graves lesiones internas o el niño podría deslizarse por debajo del cinturón. Este tipo de sistema de retención consta de un respaldo y puede brindar algo de protección en caso de un impacto lateral.



Figura1.7: Asiento elevador con respaldo.

Fuente: [2]

1.5.4 Grupo III

Los cojines elevadores sin respaldo utilizan los niños comprendidos entre una edad de 6 a 12 años y entre 22 kg hasta 36 kg de peso. Estos cojines pueden ubicarse tanto en la parte delantera como trasera permitiendo que se regule con la altura y de esta manera se pueda utilizar el cinturón de seguridad de tres puntos. También se pueden utilizar el asiento elevador con respaldo del grupo II.



Figura 1. 8: Cojín elevador.

Fuente: [2]

1.6 Especificaciones técnicas

1.6.1 Especificaciones según Real Decreto 443/2001[4]

Los requisitos del REAL DECRETO citan lo siguiente.

Real Decreto 443/2001, de 27 de abril, sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores.

DISPONE:

Artículo 1. Ámbito de aplicación.

Las condiciones de seguridad previstas en este Real Decreto se aplicarán:

- a) A los transportes públicos regulares de uso especial de escolares por carretera, cuando al menos la tercera parte, o más, de los alumnos transportados tuviera una edad inferior a dieciséis años en el momento en que comenzó el correspondiente curso escolar.
- b) A aquellas expediciones de transportes públicos regulares de viajeros de uso general por carretera en que la mitad, o más, de las plazas del vehículo hayan sido previamente reservadas para viajeros menores de dieciséis años.
- c) A los transportes públicos discrecionales de viajeros en autobús, cuando tres cuartas partes, o más, de los viajeros sean menores de dieciséis años.
- d) A los transportes privados complementarios de viajeros por carretera, cuando la tercera parte, o más, de los viajeros sean menores de dieciséis años.

Artículo 3. Antigüedad de los vehículos.

1. Como regla general, sólo podrán prestarse los servicios comprendidos en el párrafo a) del artículo 1, y adscribirse, en su caso, a las autorizaciones de transporte regular de uso especial, aquellos vehículos que no superen, al inicio del curso escolar, la antigüedad de diez años, contados desde su primera matriculación.

No obstante, se admitirá la adscripción de vehículos de antigüedad superior, siempre que se cumplan conjuntamente los siguientes requisitos:

1.º Que el vehículo no rebase la antigüedad de dieciséis años, contados desde su primera matriculación, al inicio del curso escolar.

Artículo 4. Características técnicas de los vehículos.

2. Los vehículos que se utilicen en la prestación de los servicios incluidos en el artículo 1 cumplirán, además de otras que, en su caso, pudieran venir establecidas con carácter general en la legislación vigente, las siguientes prescripciones técnicas de acuerdo con las especificaciones que pudieran realizarse reglamentariamente:

4.^a Los asientos enfrentados a pozos de escalera, así como los que no estén protegidos por el respaldo de otro anterior situado a una distancia máxima horizontal de 80 centímetros entre la cara delantera del respaldo de un asiento y la cara posterior del asiento que le precede, deberán contar con un elemento fijo de protección que proporcione a sus ocupantes un nivel suficiente de seguridad y habrán de cumplir las especificaciones técnicas que se establecen en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36R03, 52R01 ó 107).

Los asientos enfrentados a pasillos, cuando hayan de ser ocupados por menores de dieciséis años, deberán disponer de cinturones de seguridad debidamente homologados así como sus anclajes; dichos asientos sólo podrán ser ocupados por niños de entre cinco y once años cuando se den las circunstancias señaladas en el párrafo siguiente.

En los casos en que los cinturones de seguridad hayan de ser utilizados por niños de entre cinco y once años, deberán ser de tres puntos y se deberá disponer de cojines elevadores de distintas alturas, en función de su edad y estatura, que permitan ajustar el cinturón a sus medidas. Cuando no se cumplieran estas condiciones, los cinturones no podrán ser utilizados por niños de las edades indicadas.

9.^a En su caso, deberán reservarse las plazas que sean necesarias para personas con movilidad reducida, cercanas a las puertas de servicio.

10. El piso del vehículo no podrá ser deslizante.

Junto a las puertas de servicio habrá barras y asideros fácilmente accesibles desde el exterior para facilitar las operaciones de acceso/abandono.

Los que transporten alumnos con graves afectaciones motóricas con destino a un centro de educación especial deberán contar con ayudas técnicas que faciliten su acceso y abandono.

12. Cada menor dispondrá de su propia plaza o asiento, el cual deberá tener las dimensiones mínimas determinadas en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36, 52 ó 107), de conformidad con las reglas y plazos que en cada momento se encuentren establecidos en las normas dictadas para su aplicación.

28. Los materiales empleados en el interior del habitáculo de pasajeros deberán cumplir la Directiva 95/28/CE sobre prevención del riesgo de incendio en los casos y condiciones establecidos en el Real Decreto 2028/1986.

3. Como excepción a lo dispuesto en el apartado anterior, para los vehículos de categoría M1, únicamente será exigible el requisito a que se refiere el apartado 2.6.a del mismo. En este tipo de vehículos deberán cumplirse además las siguientes normas:

1. ^a Queda prohibida la utilización de la plaza o plazas contiguas a la del conductor por parte de menores de doce años.

3.^a Los niños comprendidos entre cinco y once años deberán utilizar cinturones de seguridad de tres puntos y se deberá disponer de cojines elevadores de distintas alturas, en función de su edad y estatura, que permitan ajustar el cinturón a sus medidas. Cuando no se cumplieran estas condiciones, los cinturones no podrán ser utilizados por niños de las edades indicadas.

4. ^a Únicamente se podrá transportar una persona por plaza.

4. Los autobuses que se matriculen, únicamente podrán prestar los servicios a que se refiere el artículo 1 cuando, además de los referidos anteriormente, cumplan los siguientes requisitos:

3. ^o Los asientos montados en los vehículos de categoría M2 y M3 deberán estar homologados según la Directiva 96/37/CEE relativa a los asientos, sus anclajes y los apoyacabezas de los vehículos a motor.

Además, los respaldos de los asientos, o cualquier otro elemento o mampara situado delante de los viajeros, deberán poder superar un ensayo de absorción de energía específico en todas las posibles zonas de impacto de la cabeza del menor.

El ensayo se realizará según lo establecido en el anexo III de la Directiva 78/632/CE sobre acondicionamiento interior de los vehículos a motor, y se exigirá el cumplimiento de los requisitos allí definidos, pero se reducirá a 5,2 kilogramos el peso de la falsa cabeza utilizada en el ensayo, para hacerla más similar a las características fisiológicas de un menor.

El cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior será objeto de certificación por un laboratorio oficial.

1.7 NORMAS DEL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL (SRI)[5]

El Reglamento n° 129 menciona lo siguiente.

Reglamento n o 129 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE): Prescripciones uniformes relativas a la homologación de sistemas reforzados de retención infantil utilizados a bordo de vehículos de motor (SRIR)

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento se aplica (en su fase1) a los sistemas de retención infantil ISOFIX integrales y universales (i-Size) y a los sistemas de retención infantil ISOFIX integrales y para vehículos específicos, destinados a los niños ocupantes de vehículos de motor.

DEFINICIONES

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

Sistema de retención infantil (SRI): dispositivo capaz de acoger en posición de supino o de sentado a un niño ocupante de un vehículo de motor. Está concebido

para reducir el riesgo de heridas del niño en caso de colisión o de desaceleración brusca del vehículo, al limitar la movilidad del cuerpo.

Tipo de sistema de retención infantil sistema de retención infantil que no difiere de otro en aspectos básicos, como:

La categoría en la que está homologado el sistema de retención; el diseño, el material y la fabricación del sistema de retención infantil.

Se considerará que los sistemas de retención infantil convertibles o modulares no difieren en términos de diseño, material o fabricación.

I-Size: (sistemas de retención infantil ISOFIX universales e integrales): categoría de sistemas de retención infantil destinados a ser utilizados en todas las plazas de asiento para i-Size de un vehículo, definidos y homologados conforme a los Reglamentos n° 14 y n° 16.

Integral: clase de sistema de retención infantil que indica que el niño está retenido solo por componentes que forman el sistema de retención infantil (p. ej., arnés de correas, pantalla, etc.) y no por medios fijados directamente al vehículo (p. ej., cinturón de seguridad).

ISOFIX: un sistema que proporciona un método para fijar un sistema de retención a un vehículo. Se basa en dos anclajes del vehículo y dos piezas de fijación correspondientes del sistema de retención infantil junto con un medio de limitar la rotación del sistema de retención infantil. Los tres anclajes del vehículo han de estar homologados con arreglo al Reglamento n o 14.

ISOFIX universal: ISOFIX que incluye una fijación superior o bien una pata de apoyo, a fin de limitar la rotación del sistema de retención infantil, fijado al vehículo correspondiente o apoyado en este.

ISOFIX para vehículos específicos: categoría de sistema de retención infantil que se fija a tipos de vehículos específicos. Todos los anclajes del vehículo han de estar homologados con arreglo al Reglamento n° 14. También designa a sistemas de retención infantil que incluyen el salpicadero como zona de contacto con el vehículo.

Estatura: estatura del niño para la que se diseñó y homologó el sistema de retención infantil. Los sistemas de retención infantil pueden abarcar cualquier rango de estaturas, a condición de que se reúnan todos los requisitos.

Orientación: sentido para el que está homologado el sistema de retención infantil. Es preciso efectuar las precisiones siguientes:

- a. **Orientado hacia delante** significa orientado en el sentido normal de marcha del vehículo.
- b. **Orientado hacia atrás** significa orientado en el sentido opuesto al sentido normal de marcha del vehículo.
- c. **Orientado hacia un lado** significa orientado perpendicularmente al sentido normal de marcha del vehículo.

Sistema especial de retención: sistema de retención de niños concebido para niños con necesidades especiales debidas a una discapacidad física o mental; en particular, este sistema permite colocar dispositivos adicionales de retención en cualquier parte del cuerpo del niño, pero debe incluir como mínimo un medio principal de retención que se ajuste a los requisitos del presente Reglamento.

Sistema de anclaje ISOFIX: sistema compuesto por dos anclajes inferiores ISOFIX, conformes con el Reglamento n° 14, para fijar un sistema de retención infantil ISOFIX junto con un dispositivo antirrotación.

- ❖ **Anclaje inferior ISOFIX:** barra cilíndrica horizontal de 6 mm de diámetro, que sobresale de la estructura del vehículo o del asiento para alojar y sujetar un sistema de retención ISOFIX mediante fijaciones ISOFIX.
- ❖ **Fijación ISOFIX:** una de las dos conexiones que cumple las exigencias del punto 6.3.3 del presente Reglamento, sobresale de la estructura del sistema de retención infantil ISOFIX y es compatible con un anclaje inferior ISOFIX.

Dispositivo antirrotación: dispositivo destinado a limitar la rotación del sistema de retención infantil durante una colisión del vehículo, formado por:

Una correa de anclaje superior; o una pata de apoyo.

Cumple los requisitos del presente Reglamento y va fijado a un sistema de anclaje ISOFIX y anclajes superiores ISOFIX o la superficie de contacto del suelo del vehículo que cumpla los requisitos del Reglamento n° 14.

Un dispositivo antirrotación para un ISOFIX para vehículos específicos puede incluir un anclaje superior, una pata de apoyo o cualquier otro medio capaz de limitar la rotación.

Correa de fijación superior ISOFIX: correa (o equivalente) que se extiende desde la parte superior del sistema de retención infantil ISOFIX hasta el anclaje de fijación superior ISOFIX y que consta de un sistema de ajuste, un sistema de reducción de la tensión y un conector de fijación superior ISOFIX.

Anclaje de fijación superior ISOFIX: elemento que cumple los requisitos del Reglamento n° 14, como por ejemplo una barra, situado en una zona definida, diseñado para admitir el conector de anclaje superior ISOFIX y transferir su fuerza de sujeción a la estructura del vehículo.

Conector de fijación superior ISOFIX: dispositivo destinado a fijarse a un anclaje de fijación superior ISOFIX.

Gancho de fijación superior ISOFIX: un conector de fijación superior ISOFIX utilizado normalmente para fijar una correa de fijación superior ISOFIX a un anclaje de fijación superior ISOFIX, como se define la figura 3 del Reglamento n° 14.

Accesorio de fijación superior ISOFIX: dispositivo para sujetar la correa de fijación superior ISOFIX al sistema de retención infantil ISOFIX.

Elemento de reducción de la tensión: sistema que permite liberar el dispositivo que regula y mantiene la tensión en la correa de fijación superior ISOFIX.

Pata de apoyo: dispositivo antirrotación fijado permanentemente a un sistema de retención infantil que crea una vía para la carga entre el sistema de retención infantil y la estructura del vehículo. Podrá ajustarse la longitud de la pata de apoyo (dirección Z) y, adicionalmente, también en otras direcciones.

Pie de la pata de apoyo: una o más partes de la pata de apoyo del sistema de retención infantil destinadas (por diseño) a conectarse con la superficie de contacto

del suelo del vehículo y que están diseñadas para transmitir la carga de la pata de apoyo a la estructura del vehículo durante una colisión frontal.

Superficie de contacto del pie de la pata de apoyo: superficie del pie de la pata de apoyo que está en contacto con la superficie de contacto del suelo del vehículo y que está diseñada para repartir las cargas por la estructura del vehículo.

Volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo: volumen de espacio que señala tanto el alcance como las limitaciones del movimiento del pie de la pata de apoyo. Se corresponde con el volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo para vehículos, definido en el anexo 10 del Reglamento n° 14.

Volumen para la evaluación de las dimensiones de la pata de apoyo: volumen que define las dimensiones máximas de una pata de apoyo, correspondiente al volumen, en el caso de los vehículos, para la evaluación de la instalación de la pata de apoyo, con arreglo a la definición del anexo 17 del Reglamento n° 16, y que garantiza la instalación, en términos de dimensiones, de una pata de apoyo de un SRI i-Size en una plaza de asiento para i-Size de un vehículo.

Ángulo de cabeceo de un SRI: ángulo formado entre la superficie inferior del aparato ISO/F2 (B), definido en el Reglamento n° 16 (anexo 17, apéndice 2, figura 2) y el plano horizontal Z del vehículo, definido en el Reglamento n° 14 (anexo 4, apéndice 2), con el aparato instalado en el vehículo, según se define en el Reglamento n° 16 (anexo 17, apéndice 2).

Aparato de asiento del vehículo (VSF): aparato, según las clases de tamaño ISOFIX y cuyas dimensiones se indican en las figuras 1 a 6 del anexo 17, apéndice 2, del Reglamento n° 16, utilizado por un fabricante de sistemas de retención infantil para determinar las dimensiones adecuadas de un sistema de retención infantil ISOFIX y el emplazamiento de sus fijaciones ISOFIX.

Silla de seguridad para niños: sistema de retención infantil que incluye una silla en la que está sujeto el niño.

Silla: estructura que forma parte del sistema de retención infantil, destinada a acoger al niño en posición sentada.

Soporte de la silla: parte de un sistema de retención infantil que permite elevar la silla.

Cinturón: sistema de retención infantil formado por una combinación de correas con una hebilla de cierre, dispositivos de ajuste y fijaciones.

Arnés: conjunto que incluye un cinturón ventral, unos tirantes y, en su caso, una correa de entrepierna.

Cinturón en Y: cinturón en el que la combinación de correas está formada por una correa que pasa entre las piernas del niño y dos correas para los hombros.

Capazo: sistema de retención destinado a acoger y sujetar al niño en posición supina o prona con su columna vertebral perpendicular al plano longitudinal medio del vehículo. Está concebido para distribuir las fuerzas de retención entre la cabeza y el cuerpo del niño, con exclusión de sus extremidades, en caso de colisión.

Sujeción del capazo: dispositivo utilizado para sujetar un capazo a la estructura del vehículo.

Portabebés: sistema de retención destinado a acoger al niño en posición semiacostada mirando hacia atrás. Está concebido para distribuir las fuerzas de retención entre la cabeza y el cuerpo del niño, con exclusión de sus extremidades, en caso de colisión frontal.

Soporte del niño: parte de un sistema de retención infantil que permite elevar al niño dentro del sistema de retención.

Pantalla anticolisión: dispositivo de seguridad situado delante del niño, concebido para distribuir las fuerzas de retención entre la mayor parte de la altura del niño en caso de colisión frontal.

Correa: componente flexible destinado a transmitir fuerzas.

Correa ventral: correa que, bien en forma de cinturón completo o bien en forma de componente de dicho cinturón, pasa ante la parte delantera de la región pélvica del niño, sujetándola directa o indirectamente.

Tirantes: parte del cinturón que sujeta la parte superior del torso del niño.

Correa de entrepierna: correa (o un sistema de dos o más correas separadas) que está sujeta al sistema de retención de niños y a la correa ventral y que se coloca así para pasar entre los muslos del niño; está concebida para impedir que el niño resbale por debajo del cinturón ventral en condiciones normales de utilización y evite que este se desplace más arriba de la pelvis en caso de colisión.

Correa de retención del niño: correa que es un componente del cinturón (arnés) y que solo sujeta el cuerpo del niño.

Hebilla: dispositivo de apertura rápida que permite el niño esté sujeto al sistema de retención, o este a la estructura del vehículo, y que puede abrirse con rapidez. La hebilla puede incluir un dispositivo de ajuste.

Botón de apertura de la hebilla incrustado: botón de apertura de la hebilla que no pueda abrirse con una esfera de 40 mm de diámetro.

Botón de apertura de la hebilla no incrustado: botón de apertura de la hebilla que pueda abrirse con una esfera de 40 mm de diámetro.

Dispositivo de ajuste: dispositivo que permite que el cinturón o sus sujeciones se ajusten a la complejidad del usuario. El dispositivo de ajuste puede formar parte de una hebilla o ser un retractor o cualquier otra parte del cinturón.

Dispositivo de ajuste rápido: dispositivo de ajuste que puede manipularse con una mano en un movimiento sencillo.

Dispositivo de ajuste instalado directamente en el sistema de retención infantil: dispositivo de ajuste de un arnés que se instala directamente en el sistema de retención infantil, al contrario del que se apoya directamente en la correa para cuyo ajuste está concebido.

Amortiguador de energía: dispositivo destinado a disipar la energía independientemente de la correa o conjuntamente con ella, y que forma parte de un sistema de retención infantil.

Retractor: dispositivo para el alojamiento total o parcial de la correa de un sistema de retención infantil. Puede ser de distintos tipos:

Retractor de bloqueo automático: retractor que permite desenrollar la longitud deseada de la correa, que ajusta automáticamente la correa al usuario cuando el cinturón está sujeto con la hebilla y que impide desenrollar una longitud suplementaria de correa sin la intervención voluntaria del usuario.

Retractor de bloqueo de urgencia: retractor que no limita la libertad de movimiento del usuario de la correa en condiciones normales de conducción. Llevará un dispositivo de ajuste de la longitud que ajuste automáticamente la correa al cuerpo del usuario, y un mecanismo de bloqueo accionado en caso de urgencia por:

Una desaceleración del vehículo, un desenrollo de la correa del retractor o cualquier otro medio automático (sensibilidad única); una combinación de varios de estos factores (sensibilidad múltiple).

Posición inclinada: posición especial de la silla que permite el reposo del niño.

Posición tendida/supina/prona: posición en la que al menos la cabeza y el cuerpo del niño, excluidas las extremidades, están en un plano horizontal cuando descansan sobre el sistema de retención.

Asiento del vehículo: estructura que forma o no parte íntegra de la estructura del vehículo, incluida su tapicería, y que ofrece una plaza sentada para un adulto. Así:

Grupo de asientos: tanto un asiento corrido como asientos separados pero montados uno al lado del otro (es decir, fijados de tal forma que los anclajes delanteros de uno de los asientos estén alineados con los anclajes delanteros o traseros de otro asiento, o entre los anclajes de este último) y que ofrece una o varias plazas sentadas para adultos.

Asiento corrido: estructura completa con su tapicería que ofrece, como mínimo, dos plazas sentadas para adultos.

Asientos delanteros del vehículo: grupo de asientos situados delante en el compartimento de pasajeros, es decir, sin que tengan ningún otro asiento delante.

Asientos traseros del vehículo: asientos fijos, orientados hacia delante, situados detrás de otro grupo de asientos

Tipo de asiento: categoría de asientos de adulto que no presentan entre sí diferencias esenciales con respecto a la forma, las dimensiones y los materiales de la estructura del asiento, los tipos y las dimensiones del sistema de ajuste del bloqueo y del sistema de bloqueo, y el tipo y las dimensiones del anclaje en el asiento del cinturón de seguridad de adulto, del anclaje del asiento, y de las partes afectadas de la estructura del vehículo.

Sistema de ajuste: dispositivo completo que permite regular el asiento o sus partes de acuerdo con las características físicas del adulto sentado que lo ocupa; este dispositivo puede, en particular, permitir el desplazamiento longitudinal, vertical o angular.

Anclaje del asiento: sistema de fijación del conjunto del asiento a la estructura del vehículo, incluidas las partes afectadas a la estructura del vehículo.

Sistema de desplazamiento: dispositivo que permite un desplazamiento angular o longitudinal, sin posición intermedia fija, del asiento de adulto o de una de sus partes, para facilitar la entrada y salida de los pasajeros y la carga y descarga de objetos.

Sistema de bloqueo: dispositivo que asegura la permanencia del asiento y de sus partes en cualquier posición de utilización.

Unión respaldo-cojín: la zona que rodea la intersección entre las superficies del cojín y el respaldo del asiento del vehículo.

Posición ISOFIX: emplazamiento que permite la instalación de:

Un sistema de retención infantil ISOFIX universal, definido en el Reglamento n° 44; o bien un sistema de retención infantil ISOFIX para vehículos específicos, definido en el Reglamento n° 44 o definido en el presente Reglamento; o bien un sistema de retención infantil i-Size adecuado para su uso en plazas de asiento ISOFIX específicas, definidas por el fabricante del vehículo conforme al Reglamento n° 16.

Posicionador de tirantes: dispositivo destinado a mantener la posición adecuada de los tirantes sobre el torso del niño, en condiciones normales de circulación, conectándolos entre sí.

ESPECIFICACIONES GENERALES

Localización y sujeción segura en el vehículo

Los sistemas de retención infantil de la categoría i-Size se utilizarán en las plazas de asiento para i-Size, si los sistemas de retención están instalados con arreglo a las instrucciones del fabricante.

Los sistemas de retención infantil de la categoría «ISOFIX para vehículos específicos» se utilizarán en todas las plazas ISOFIX y también en la zona destinada al equipaje, si los sistemas de retención están instalados con arreglo a las instrucciones del fabricante.

Según la categoría a la que pertenezca (véase el cuadro 1), el sistema de retención infantil deberá estar fijado a la estructura del vehículo o a la del asiento:

Configuraciones posibles para homologación de tipo

	Orientación	Categoría	
		SRI i-Size	SRI ISOFIX integral y para vehículos específicos
INTEGRAL	Orientado hacia un lado (capazo)	NA	A
	Orientado hacia atrás	A	A
	Orientado hacia adelante (integral)	A	A

Con:

SRI: Sistema de retención infantil

A: Aplicable

NA: No aplicable

En el caso de la categoría i-Size, mediante dos fijaciones ISOFIX además de un dispositivo antirrotación, tanto para un sistema de sujeción infantil orientado hacia adelante como para uno orientado hacia atrás.

En el caso de la categoría ISOFIX para vehículos específicos, mediante las fijaciones ISOFIX diseñadas por el fabricante del sistema de retención infantil, fijadas al sistema de anclaje ISOFIX diseñado por el fabricante del vehículo.

Configuración de un sistema de retención infantil

El sistema de retención infantil estará configurado con arreglo a los requisitos siguientes.

La sujeción del niño proporcionará la protección requerida en cualquiera de las posiciones prescritas para el sistema de retención infantil.

Para los «sistemas especiales de retención», el medio de retención principal deberá ofrecer la protección requerida en cualquiera de sus posiciones previstas sin recurrir a dispositivos adicionales de retención que puedan estar presentes.

Todos los sistemas de retención que utilicen una correa ventral deben concebirse para que esta asegure que la carga transmitida por ella recaiga sobre la pelvis. El dispositivo no deberá someter las partes vulnerables del cuerpo del niño (abdomen, entrepierna, etc.) a fuerzas excesivas. La concepción deberá ser tal que las cargas de compresión no ejerzan presión sobre la parte superior de la cabeza del niño en caso de colisión.

El sistema de retención infantil estará diseñado e instalado de forma que cumpla los requisitos siguientes.

No presentará bordes agudos o salientes que puedan dañar el tapizado de los asientos o el vestido de los ocupantes.

Garantizarán que sus partes rígidas no presentan, en los puntos en los que estén en contacto con las correas, bordes agudos que puedan gastarlas.

El «sistema especial de retención» puede poseer dispositivos adicionales de retención, que deberán estar concebidos para evitar cualquier riesgo de montaje incorrecto y para hacer que la forma de abrirlos y el modo de funcionamiento sean totalmente claros para un tercero en caso de urgencia.

Los sistemas de retención infantil podrán estar diseñados para cualquier rango de estaturas especificado por el fabricante, a condición de que cumplan los requisitos del presente Reglamento.

Especificaciones relativas a los sistemas de retención infantil

Materiales

El fabricante del sistema de retención infantil debe declarar por escrito que la toxicidad de los materiales accesibles a los niños que se utilizan en la fabricación de dichos sistemas se ajustan a las partes correspondientes de la norma EN 71-3:1994/A1:2000/AC. Los ensayos que confirmen la validez de la declaración podrán llevarse a cabo según considere conveniente el organismo que realiza los ensayos.

El fabricante del sistema de retención infantil debe declarar por escrito que la inflamabilidad de los materiales que se utilizan en la fabricación de dichos sistemas se ajusta a las partes correspondientes de la norma EN 71-2:2011. Los ensayos que confirmen la validez de la declaración podrán llevarse a cabo según considere conveniente el organismo que realiza los ensayos.

Características generales

Características geométricas interiores

El servicio técnico que efectúa los ensayos de homologación deberá comprobar que las dimensiones interiores del sistema de retención infantil se ajustan a los requisitos del anexo 18. Para cualquier estatura dentro del rango de estaturas declarado por el fabricante se respetarán las dimensiones mínimas de anchura de hombros, de caderas y de altura en posición sentada, así como las dimensiones mínimas y máximas de la altura de hombros.

Dimensiones exteriores

El aparato de asiento del vehículo (VSF) definido en el punto 2.17 del presente Reglamento establecerá las dimensiones máximas de anchura, altura y profundidad del sistema de retención infantil y los emplazamientos del sistema de anclajes ISOFIX con los que se engancharán sus fijaciones.

Los sistemas de retención infantil i-Size orientados hacia adelante cabrán dentro del contorno de tamaños de ISO/F2x para un SRI (niño pequeño) de altura reducida orientado hacia adelante (altura 650 mm), sistema ISOFIX de clase de tamaño B1.

Los sistemas de retención infantil i-Size orientados hacia atrás cabrán dentro del contorno de tamaños de ISO/R2 para un SRI (niño pequeño) de altura reducida orientado hacia atrás, sistema ISOFIX de clase de tamaño D.

Los sistemas de retención infantil ISOFIX para vehículos específicos podrán caber en cualquier contorno de tamaños de ISO.

Masa

La masa de un sistema de retención infantil ISOFIX integral (incluido un sistema i-Size), combinada con la masa del niño de mayor estatura para el que se haya previsto la utilización del sistema de retención infantil no superará los 33 kg. Este límite de masa también se aplica a los sistemas de retención infantil ISOFIX para vehículos específicos.

1.8 REQUERIMIENTOS

Los niños al momento de viajar no pueden trasladarse sólo con cinturón

Los niños no deben trasladarse solo con cinturón por las siguientes razones.

- El cinturón de seguridad al pasar por el cuello del niño, el cual ocasiona daños irreversibles en sus vértebras al momento de sufrir una colisión.
- El cinturón de seguridad al cruzar por el abdomen del niño, esta inadecuada ubicación del cinturón ocasiona daños severos en los órganos de dicha parte blanda, además generando lesiones severas en la columna.



Figura 1.9: Posicionamiento correcto del cinturón de seguridad

Fuente:[6]

1.8.1 Etiqueta de homologación

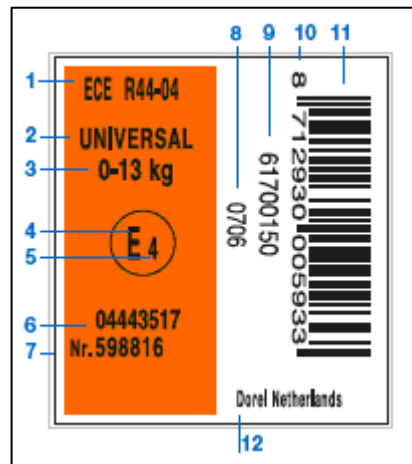


Figura 10. 10: Etiqueta de homologación.

Fuente:[7]

1. La silla cumple con la Norma Europea de Seguridad. Las dos últimas cifras deben terminar en 04 (última versión) o 03. Las R44-01 o 02 no son legales y no podrán ser vendidas o utilizadas.
2. Existen 3 tipos de certificados de seguridad de sillas: universal, semi-universal y vehículo. Universal representa que la silla está aceptada para su instalación en todos los vehículos.
3. Determina el peso o grupo de la homologación. Por ejemplo si se agrega Y, significa que la silla consta de un sistema de arnés de 5 puntos con correa en la entrepierna.
4. Señala la homologación europea.
5. Señala el tipo de país en el cual se obtiene la homologación: E1 = Alemania, E2 = Francia, E3 = Italia, E4 = Holanda, etc.
6. Indica el número de homologación. Los primeros números iniciales (04) señalan que la versión de la silla está aprobada, por la norma ECE R 44/04.
7. Número de serie.
8. Indica la semana y el año, por ejemplo semana 7, año 2006.
9. Indica el número de referencia del fabricante.
10. Señala el código EAN.
11. Señala el código BARRA.
12. Nombre del fabricante.

CAPITULO II

2 SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL EN EL TRANSPORTE ESCOLAR Y LA BIOMECÁNICA DEL CUERPO HUMANO

2.1 Antecedentes

Actualmente en los vehículos de transporte escolar carecen en sus plazas (asientos) un sistema adecuado de sistema de retención infantil para los niños correspondidos en la edad de 6 a 10 años perteneciente al grupo III, que recae sobre la tabla de categorías de peso, donde se puede localizar en la tabla 1.1 del capítulo anterior. Además para la respectiva transportación se utiliza los siguientes vehículos de transporte escolar: bus, minibús, microbús y furgoneta, siendo el más requerido las furgonetas.



Figura2.11: Furgoneta escolar.

Fuente:[8]

2.2 Biomecánica[9]

2.2.1 Definición de biomecánica

Es la ciencia, la cual examina las fuerzas que actúan sobre una estructura biológica y los efectos que producen dichos cuerpos.

Es una ciencia que describe y explica desde un punto de vista mecánico las expresiones de equilibrio y movimiento del ser humano. A partir de este

conocimiento expreso, planea modificaciones de los patrones de postura y movimiento con el objetivo de realizar cualquier ejercicio físico de la manera más efectiva posible.

Se subdivide en:

2.2.1.1 Biomecánica clínica: Estudia las patologías del aparato locomotor y sus tratamientos a través del conocimiento de su biomecánica para generar soluciones capaces de evaluarlas o repararlas.

2.2.1.2 Biomecánica ocupacional: Estudia la interacción del cuerpo humano con los elementos con que se relaciona en diversos ámbitos (en el trabajo, en casa, en la conducción de automóviles, en el manejo de herramientas, etc.) para adaptarlos a sus necesidades y capacidades.

2.2.1.3 Biomecánica deportiva: Es la aplicación de la mecánica como parte de la física en la investigación de los movimientos del deportista; analiza la práctica deportiva para mejorar su rendimiento, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar complementos, materiales y equipamiento de altas prestaciones.

2.3 El dummy

2.3.1 Historia del dummy

El primer dummy se creó en el país de Estados Unidos en el año de 1949, el cual permite obtener información necesaria. Este dummy se asemeja lo más posible al cuerpo humano. Así mismo este fue diseñado para realizar pruebas con asientos eyectables y arneses de seguridad en aviones en el año de 1949, de la misma manera el primer dummy que se construye para las pruebas de choque fue en el año de 1950 construido por Alderson y Grumman.

Alderson creó el dummy “VIP-50” para la empresa Ford y GM. Mientras tanto la compañía Sierra Stan creó el dummy Sierra Stan. Estos dummies quedaron obsoletos, en donde se desarrolló una investigación hasta crear un dummy confiable y duradero. En 1971 se creó el dummy Hybrid I, donde se juntaron los dos modelos

tanto del VIP-50 y del Sierra. Sin embargo el Hybrid I fue concebido como un maniquí con las características de un ser humano masculino, el cual se lo conoce como un dummy percentil 50 de sexo masculino promedio en cuanto altura, masa y proporción.

En el año de 1972, se creó el Hybrid II, era una evolución de un modelo más real con la colocación de rodillas, hombros y columna vertebral. Este fue el primer dummy que cumplió con el estándar norteamericano para ensayos de cinturón de seguridad La National Highway Transportation Safety Administration (NHTSA), el cual es un organismo de control de seguridad, firmó un compromiso con General Motors para crear un modelo que permitirá mejorar a éste. En la figura se puede observar al Hybrid II y el Hybrid III.



Figura 12: Hybrid II y Hybrid III.

Fuente:[10]

En 1976 el Hybrid III se desarrolló por General Motors contribuyendo con modelos masculinos, femeninos, de niños y bebés. Al Hybrid III hay que sumarle el EuroSID a finales de la década de 1980, este maniquí fue principalmente creado para ensayos de impacto lateral. Esta serie se utiliza para impactos ya que incorpora muchos sensores repartidos en todo su cuerpo y se pueden conocer numerosos datos.

2.3.2 Dummy Hybrid III

El dummy está constituido por los siguientes materiales: Sus huesos son de acero, y la cabeza de aluminio. Mientras que la piel está formada de una goma carnosa y, además consta de un sistema nervioso compuesto por sensores, los cuales están constituidos de sensores que son los acelerómetros, captadores de fuerza y sensores de desplazamiento.

Este modelo Hybrid III tiene varios modelos, que se diferencian por el tamaño, sexo y edad.

2.3.2.1 Hybrid III masculino, percentil 50: Ocupa el asiento del conductor.




MASAS DEL CONJUNTO		DIMENSIONES EXTERNAS	
PARTE	Kg	DIMENSIÓN	cm
Cabeza	4.54	Circunferencia de Cabeza	59.7
Cuello	1.54	Anchura Cabeza	15.5
Torso Superior	17.19	Longitud Cabeza	20.3
Torso Inferior	23.04	Estatura Sentado Erguido	88.4
Brazos Superiores	3.99	Longitud desde Hombro a Codo	33.8
Brazos Inferiores y Manos	4.54	Longitud desde Codo a Muñeca	29.7
Piernas Superiores	11.97	Longitud desde Glúteo a Rodilla	59.2
Piernas Inferiores y Pies	11.34	Altura Rodilla	49.6
TOTAL	78.15		

Figura 13: Hybrid III masculino, percentil 50.

Fuente: [11]

2.3.2.2 Hybrid III masculino, percentil 95: Segunda versión masculina. Ocupa el lugar del acompañante.



MASAS DEL CONJUNTO		DIMENSIONES EXTERNAS	
PARTE	Kg	DIMENSIÓN	cm
Cabeza	4.84	Circunferencia de Cabeza	58.4
Cuello	1.63	Anchura Cabeza	15.5
Torso Superior	22.68	Longitud Cabeza	20
Torso Inferior	30.30	Estatura Sentado Erguido	93.6
Brazos Superiores	5.82	Longitud desde Hombro a Codo	35.6
Brazos Inferiores y Manos	5.25	Longitud desde Codo a final Dedos	47.8
Piernas Superiores	16.42	Longitud desde Glúteo a Rodilla	69.2
Piernas Inferiores y Pies	14.49	Altura Rodilla	59.4
TOTAL	101.16		

Figura 14: Hybrid III masculino, percentil 95.

Fuente: [11]

2.3.2.3 Hybrid III percentil 5: Versión femenina.



MASAS DEL CONJUNTO

PARTE	Kg
Cabeza	3.68
Cuello	0.908
Torso Superior	12.00
Torso Inferior	13.80
Brazos Superiores	2.36
Brazos Inferiores	1.80
Manos	0.58
Piernas Superiores	6.27
Piernas Inferiores	6.54
Pies	1.45
TOTAL	49.37


DIMENSIONES EXTERNAS

DIMENSIÓN	cm
Circunferencia de Cabeza	53.85
Anchura Cabeza	14.22
Largo Cabeza	18.3
Estatura Sentado Erguido	78.74
Longitud desde Hombro a Codo	28.7
Longitud desde Codo a Muñeca	25.15
Longitud desde Glúteo a Rodilla	63.34
Altura Rodilla	40.64

Figura 15: Hybrid III percentil 5.

Fuente: [11]

2.3.2.4 Hybrid III infantil de tres años:



MASAS DEL CONJUNTO

PARTE	Kg
Cabeza	2.72
Cuello	0.79
Torso Superior	7
Brazos Superiores	0.88
Brazos Inferiores y Manos	0.82
Piernas Superiores	2
Piernas Inferiores	1.22
Pies	0.82
TOTAL	16.17


DIMENSIONES EXTERNAS

DIMENSIÓN	cm
Circunferencia de Cabeza	50.8
Anchura Cabeza	13.68
Estatura Sentado Erguido	54.61
Longitud desde Glúteo a Rodilla	28.24
Altura Rodilla	24.82

Figura 16: Hybrid III, 3 años.

Fuente: [11]

2.3.2.5 Hybrid III infantil de seis años:



MASAS DEL CONJUNTO

PARTE	Kg
Cabeza	3.47
Cuello	0.54
Torso Superior	5.57
Torso Inferior	6.24
Brazos Superiores	0.88
Brazos Inferiores y Manos	1.24
Piernas Superiores	2.8
Piernas Inferiores y Pies	2.5
TOTAL	23.42

DIMENSIONES EXTERNAS

DIMENSIÓN	cm
Circunferencia de Cabeza	52.07
Anchura Cabeza	14.22
Estatura Sentado Erguido	63.5
Longitud desde Glúteo a Rodilla	35.31
Altura Rodilla	31.50

Figura 17: Hybrid III, 6 años.

Fuente: [11]

2.3.2.6 Hybrid III infantil de diez años:

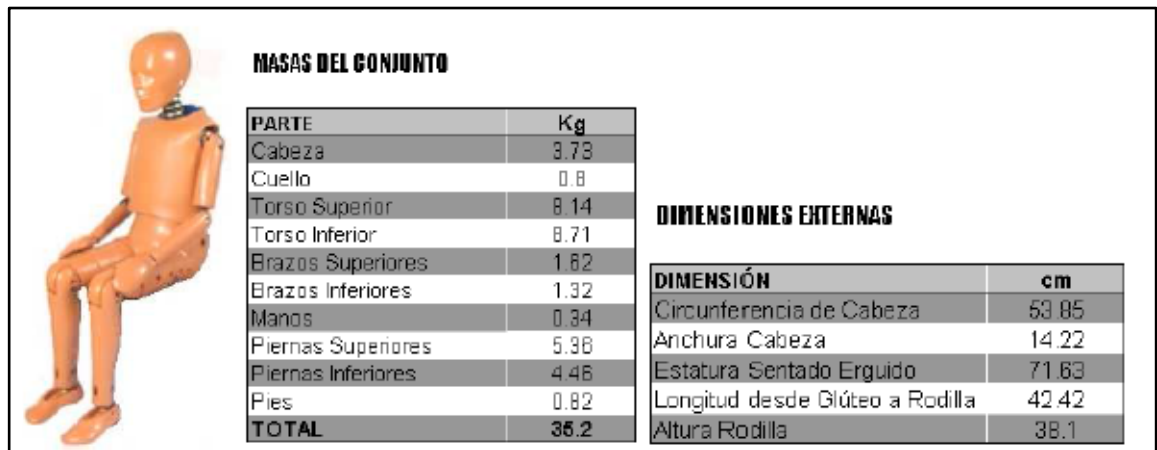


Figura 18: Hybrid III infantil, 10 años.

Fuente: [11]

2.3.3 Instrumentación Hybrid III

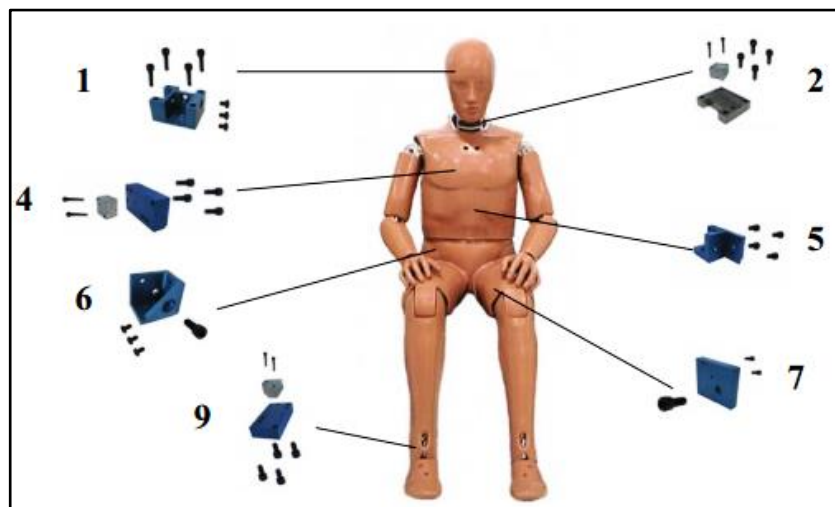


Figura 19: Ubicación de los sensores.

Fuente:[12]

- 1 - La cabeza está conformada por un material, de aluminio y caucho, en donde se ubica 3 acelerómetros que permiten brindar la información sobre las fuerzas y las aceleraciones que actúan sobre el cerebro en el momento de una colisión.
- 2 - En la parte del cuello y del tórax se instalan algunos elementos para calcular y determinar cómo se curva estos elementos, así mismo, de la tensión y la fuerza que realiza y ver la dirección con la que se enfoca la cabeza.

- 3 - Los brazos no cuentan con sensores, ya que estos no sufren grandes lesiones, y además estos se encuentran sueltos.
- 4 - En la sección del tórax sus costillas están realizadas de acero, en la cual constan de sensores que permite registrar el aplastamiento de su caja torácica producido por el cinturón de seguridad o el volante.
- 5 - El abdomen está constituido por algunos sensores, mediante el cual permite detectar la fuerza que ocasiona las lesiones laterales.
- 6 - La pelvis consta de instrumentos que permite registrar la fuerza lateral, el cual produce dislocaciones o fracturas en la cadera.
- 7 - Entre la pelvis y la rodilla se encuentran sensores para evaluar las lesiones, y además en la zona donde existe la unión del fémur y la cadera.
- 8 - En la parte baja de las piernas se encuentran unos sensores que evalúan la torsión, compresión, esfuerzo e inclinación.
- 9 - En la parte de los tobillos y pies consta de sensores que reconocen las torceduras, inclinación y giros en esa área.

2.4 Criterios de lesión en partes específicas del cuerpo humano

2.4.1 Criterios de lesión en la cabeza

Existen regulaciones NHTSA para especificar un criterio de lesión en la cabeza (HIC) para los dummies. Tanto en la escala geométrica y material, junto con los criterios de ingeniería, se emplearon para traducir el valor de HIC crítico para los tamaños de los dummies.

Los niveles críticos del HIC recomendados para los diversos tipos de dummies se ilustran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Niveles críticos del HIC

Fuente:[13]

Dummy Type	Mid-Sized Male	Small Female	6 Year Old Child	3 Year Old Child	12 Month Old Infant
Existing / Proposed HIC Limit	1000	1000	1000	900	660

2.4.2 Criterios de lesiones cuello

La actual regulación de la NHTSA especifica que los criterios de lesión en el cuello para cada uno de los dummies.

Los criterios de lesión resultantes en el cuello, llamados "Nij", plantean los límites críticos para los cuatro posibles modos de carga cuello; tensión o compresión combinada con la flexión (hacia adelante) o extensión (hacia atrás) momento de flexión. El Nij se define como la suma de las cargas y momentos normalizados, es decir,

$$N_{ij} = \frac{F_Z}{F_{int}} + \frac{M_Y}{M_{int}} \quad (2.1)$$

Donde

F_Z = es la carga axial.

F_{int} = es el valor de intersección crítico de carga utilizada para la normalización.

M_Y = es la flexión / extensión momento de flexión

M_{int} = es el valor crítico para interceptar momentos de flexión y extensión

Los valores de intersección crítico a escala para los diversos dummies de tamaño y modos de carga se muestran a continuación.

Tabla 2. 2: Valores de intersección crítico.

Fuente:[13]

Dummy Type	Tension (N)	Compression (N)	Flexion (Nm)	Extension (Nm)
CRABI 12-month-old	2200	2200	85	25
Hybrid III 3-year-old	2500	2500	100	30
Hybrid III 6-year-old	2900	2900	125	40
Hybrid III small female	3200	3200	210	60
Hybrid III mid-sized male	3600	3600	410	125

2.4.3 Criterios de lesiones torácicos

NHTSA en la actualidad existe límites reglamentarios de 60g de aceleración del tórax y de 76 mm (3 pulgadas) para lo que es la deformación del tórax medido en el Hybrid III 50 percentil dummy masculino.

Una medida de la predicción de lesiones mediante una formulación que incluía tanto la aceleración máxima del tórax y la máxima deflexión del pecho, llamado índice torácica combinada (CTI, se ilustra con la siguiente formula de la CTI:

$$CTI = \frac{A_{max}}{A_{int}} + \frac{D_{max}}{D_{int}} \quad (2.2)$$

Donde

A_{max} y D_{max} son la aceleración y la deflexión máxima observada

A_{int} y D_{int} son los correspondientes valores máximos admisibles de intercepción.

Los criterios de lesiones torácicas propuestas incluyen la formulación CTI combinado con dos restricciones; la deformación torácica total que no exceda de 76 mm (3 pulgadas) y la aceleración del tórax máxima que no exceda de 60 g por períodos de tiempo más largos de 3 milisegundos.

La siguiente tabla proporciona diferentes puntos del CTI para la aceleración y la desviación de los diversos dummies.

Tabla 2. 3: Valores del CTI.

Fuente:[13]

Dummy Type	Mid-Sized Male	Small Female	6 Year Old Child	3 Year Old Child	12 Month Old Infant
Chest Deflection Intercept for CTI (D_{int})	102 mm (4.0 in)	83 mm (3.27 in)	63 mm (2.47 in)	57 mm (2.2 in)	49 mm (2.0 in)
Chest Acceleration Intercept for CTI (A_{int})	85	85	85	70	55

Los siguientes límites adicionales sobre la deflexión y la aceleración se escalan de manera similar para los demás dummies, y se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 2. 4: Limites adicionales sobre la deflexión y la aceleración.

Fuente:[13]

Dummy Type	Mid-Sized Male	Small Female	6 Year Old Child	3 Year Old Child	12 Month Old Infant
Chest Deflection Limit for Thoracic Injury (Dc)	76 mm (3.0 in)	62 mm (2.5 in)	47 mm (1.9 in)	42 mm (1.7 in)	37 mm** (1.5 in)
Chest Acceleration Limit for Thoracic Injury Criteria (Ac)	60	60*	60	50	40

La empresa NHTSA presenta un análisis de datos biomecánicos disponibles para definir las relaciones matemáticas que pueden discriminar las condiciones de impacto mecánico en las que serán o no serán heridas diversas partes del cuerpo humano.

Tabla 2.5: Datos biomecánicos.

Fuente: [13]

Recommended Criteria	Hybrid III Mid-Sized Male	Hybrid III Small Female	Hybrid III 6 Years	Hybrid III 3 Years	CRABI 12 Months
Head Criteria HIC (36 msec)	1000	1000	1000	900	660
Neck Criteria Nij	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Critical Intercept Values					
Tens./Comp. (N)	3600	3200	2900	2500	2200
Flexion (Nm)	410	210	125	100	85
Extension (Nm)	125	60	40	30	25
Thoracic Criteria					
1. Critical Spine Acceleration (g)	60	60	60	50	40
2. Critical Chest Deflection (mm)	76 (3.0 in)	62 (2.5 in)	47 (1.9 in)	42 (1.7 in)	37** (1.5 in)
3. Combined Thoracic Index (CTI)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0**
CTI Intercept Values					
Accel. (g's)	85	85	85	70	55
Deflection (mm)*	102 (4.0 in)	83 (3.3 in)	63 (2.5 in)	57 (2.2 in)	49 (2.0 in)

CAPITULO III

3 REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN QUE PERMITA OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SEGURIDAD DE LOS ASIENTOS CON LOS NIÑOS.

3.1 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

En la mejora de la seguridad de los automóviles participan diversas entidades, como son, los propios fabricantes de vehículos, fabricantes de equipamiento auxiliar, laboratorios de investigación y universidades. Todas ellas de forma equilibrada en la cual se emplean, cada día más, métodos de simulación asistida por un ordenador, en la realización de sus trabajos de investigación.

Para realizar la simulación de este proyecto, se eligió el programa ANSYS puesto que este software facilita el análisis de elementos finitos y además se cuenta con la accesibilidad de este programa dentro de nuestro medio. Cabe decir que, existen otros programas adecuados para la simulación de prueba de choques (CRASH TEST) que suelen ser más sofisticados y empleados en la industria automotriz como por ejemplo LS DYNA, MADYMO, entre otros.

3.2 Metodología

La metodología utilizada para realizar las simulaciones se puede dividir en los siguientes pasos:

- Información del dummy
- Construcción del dummy
- Construcción del asiento para el dummy
- Desarrollo de la simulación

3.2.1 Información del dummy

Para realizar la simulación se toma como referencia al dummy Hybrid III, puesto que es el más adecuado y utilizado en la industria automotriz. La información sobre el mismo es muy limitada, sobre todo, en cuanto a su geometría.

La empresa Humanetics ATD[14] ofrece información general sobre sus dummies. Tan sólo especifican las masas de las distintas partes del cuerpo y valores de algunas dimensiones externas. Además el REGLAMENTO 129[5] también cuentan con algunas dimensiones del mismo.

La información facilitada por la empresa y el reglamento anteriormente mencionado sobre la distribución de masas, es la adecuada para poder ser usada en la construcción del modelo, pero los detalles de su geometría no.

Para la información de completar la información sobre la geometría del Hybrid III, se recurrió al reglamento, donde se muestran de una forma más detallada las dimensiones externas del Hybrid III.

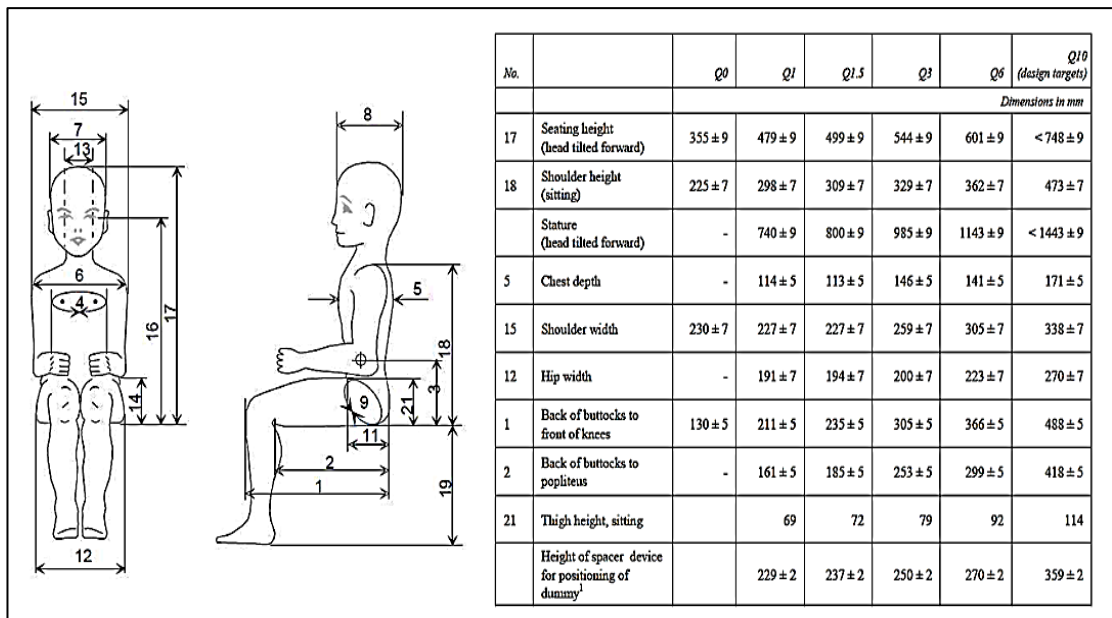


Figura 3. 1: Dimensiones externas del dummy Hybrid III Q6.

Fuente: [5]



Figura 3. 2: Dimensiones del Hybrid III, Q6 niño.

Fuente: [11]

3.2.2 Construcción del dummy

Para realizar la construcción del dummy se tomaron referencias del modelo Hybrid III infantil de seis años, en el cual se realizara en el programa solidworks versión estudiantil.

En lo que se refiere a la construcción del dummy se tomaron en cuenta algunas consideraciones.

- Se procedió a tomar en cuenta las siguientes partes del dummy, en la cual está constituido por, la cabeza, el cuello, el tórax y la pelvis. Esto se debe a que estas partes están expuestas a mayor daño en el momento del impacto o colisión.
- En lo que se refiere a las dimensiones se mantendrá lo establecido en el apartado 3.2.1, cabe recalcar que carecen de algunas medidas, en donde se aplicó directamente una proporcionalidad con respecto a la estatura del dummy Hybrid III Q6.
- Cabe destacar que las formas geométricas con la que cuenta el dummy, se hace de una manera más simplificada para facilitar el diseño y posteriormente el análisis.

Las siguientes partes del dummy son:

3.2.2.1 Cabeza

En la figura 3.3 se ilustra, el dibujo de la cabeza del dummy, el cual tiene una forma esférica, por medio de este diseño se tiene de una forma más simplificada y permitiendo de esta manera facilitar el análisis.

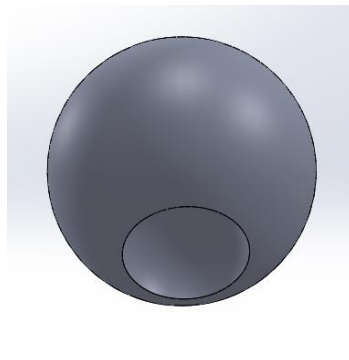


Figura 3. 3: Cabeza del dummy.

Fuente: Autores

3.2.2.2 Cuello

En la figura 3.4 se muestra, una forma cilíndrica del diseño del cuello, por lo tanto consta en sus extremos de una forma semiesférica, ya que permite a la cabeza tener un movimiento rotacional.

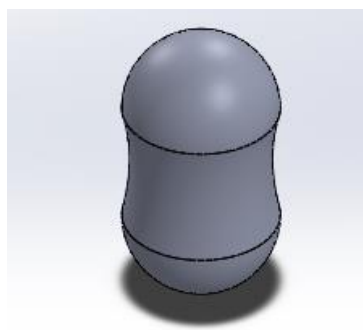


Figura 3. 4: Cuello del dummy.

Fuente: Autores

3.2.2.3 Tórax

En la figura 3.5 se observa el diseño del tórax, observando distintas formas geométricas para la construcción de dicho elemento.

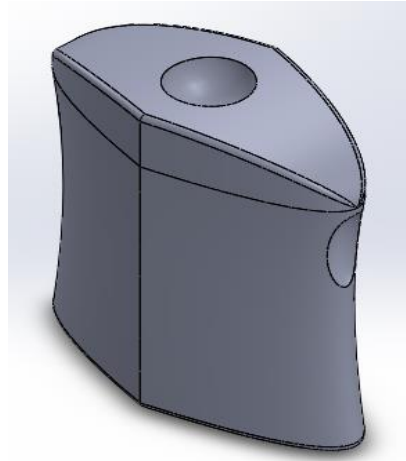


Figura 3. 5: Tórax del dummy.

Fuente: Autores

3.2.2.4 Pelvis

En la figura 3.6 se ilustra, el diseño de la pelvis, realizado con las mismas características con la que está diseñado el tórax, para un acoplamiento de los mismos.

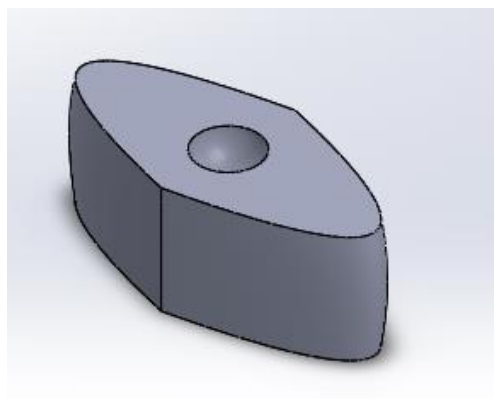


Figura 3. 6: Pelvis del dummy.

Fuente: Autores

3.2.2.5 Rótula

En la figura 3.2 se muestra, el diseño de la rótula para obtener un movimiento entre el tórax y la pelvis.

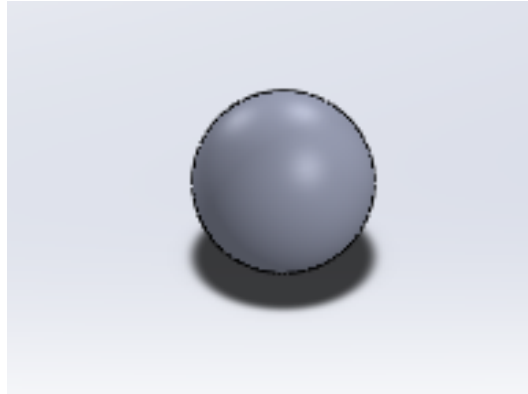


Figura 3. 7: Rotula del dummy.

Fuente: Autores

3.2.2.6 Ensamble del dummy

En la figura 3.8 se observa el acoplamiento de los diferentes elementos construidos en el solidworks versión estudiantil, para proceder a realizar su análisis correspondiente.

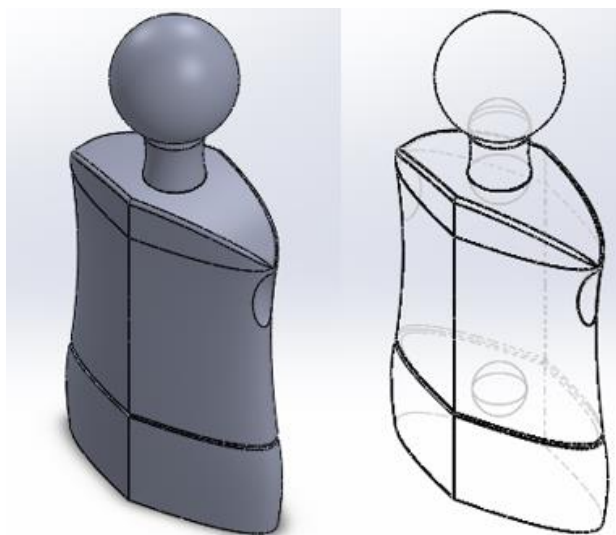


Figura 3. 8: Ensamblado del dummy.

Fuente: Autores

3.2.3 Construcción del asiento para el dummy

Para la construcción del asiento se consideraron los datos de la siguiente figura 3.9 en donde indica sus respectivas medidas para el asiento y este a su vez basado en los reglamentos europeos.[15]

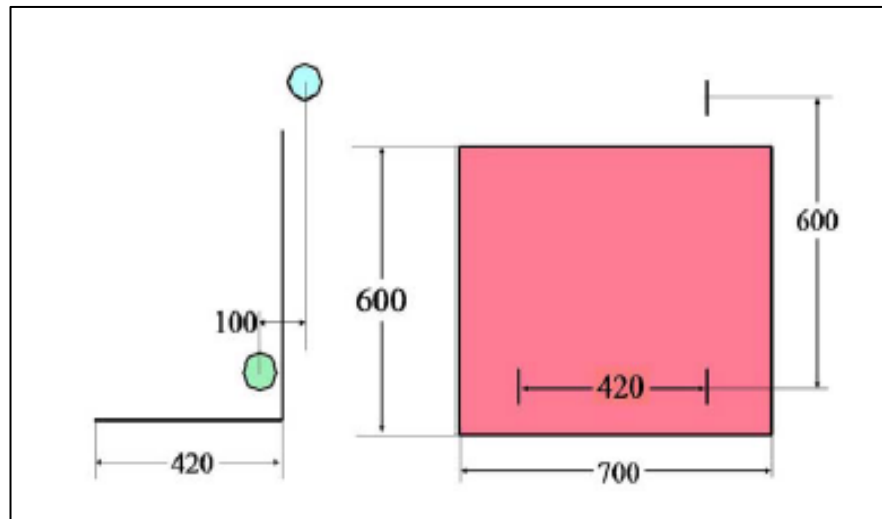


Figura 3. 9: Dimensiones del asiento.

Fuente:[15]

El asiento está construido de una manera laminar (superficies) figura 3.10, en la cual sus anclajes y asiento tienen un espesor de 4 y de 0,8 mm respectivamente[15]. El asiento consta de un espaldar pero no de apoyacabezas, de la misma manera no cuenta con una forma ergonómica definida y además no consta con una inclinación en el espaldar, es decir esta sobre el plano vertical, esto se debe para facilitar el diseño.

Además se construyó el sistema de retención infantil (SRI) cojín elevador como se muestra en la figura 3.10 basado en las dimensiones de la normativa europea[16].

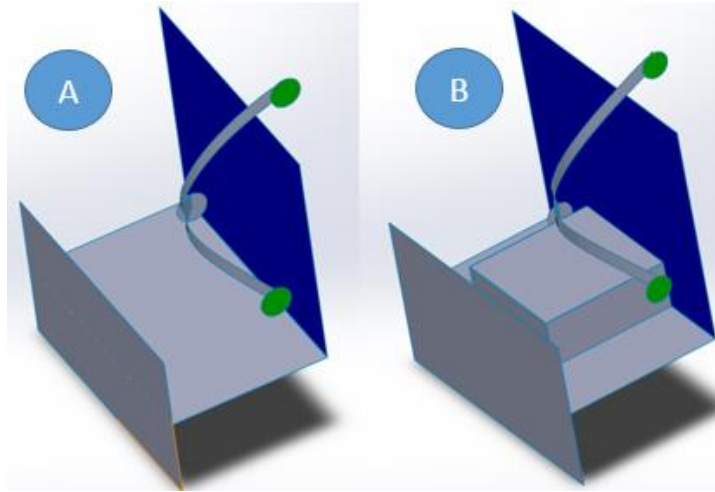


Figura 3. 10: Asiento sin el SRI(A) y con el SRI (B).

Fuente: Autores

También se diseñó una pared laminar, para poder realizar la simulación respectiva entre el asiento y la pared, es decir para que el asiento alcance una velocidad cero al momento del impacto ya que este consta de una velocidad inicial. Así mismo se realizó la construcción del cinturón de seguridad, para posteriormente insertar el dummy correspondiente como se muestra en la figura 3.11.

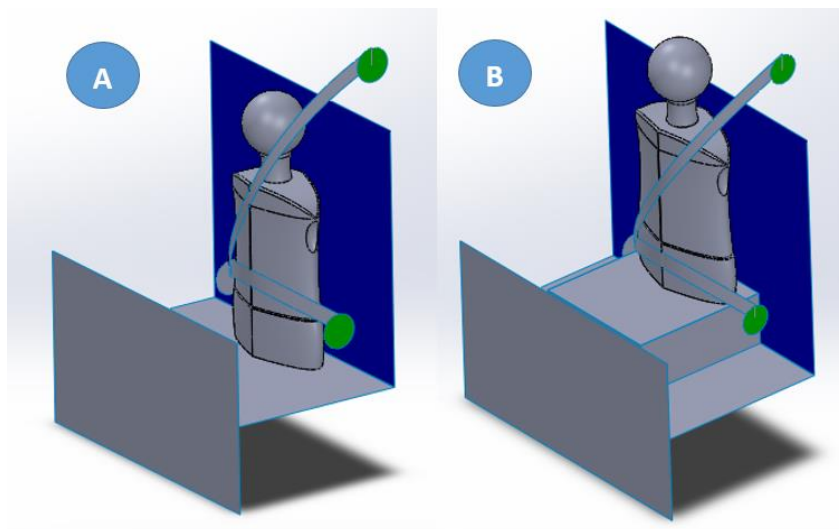


Figura 3. 11: Ubicación del dummy sin el SRI y con el SRI.

Fuente: Autores

3.2.4 Desarrollo de la Simulación

Para la realización de la simulación se realizó en el Programa ANSYS WORKBENCH, modo DYNAMICS EXPLICIT.

La simulación consta de los siguientes parámetros entre los cuales se tiene:

- Parámetros del dummy
- Parámetros del asiento, anclajes y del cinturón de seguridad
- Parámetros de la pared

3.2.4.1 Parámetros del dummy

En lo que se refiere al modelo del dummy Hybrid III Q6 se tiene las siguientes características establecidas de cada una de sus partes y estos valores no podrán ser cambiados, como se observa en la figura 3.12.



MASAS DEL CONJUNTO

PARTE	Kg
Cabeza	3.47
Cuello	0.54
Torso Superior	5.57
Torso Inferior	6.24
Brazos Superiores	0.98
Brazos Inferiores y Manos	1.24
Piernas Superiores	2.8
Piernas Inferiores y Pies	2.5
TOTAL	23.42

Figura 3. 12: Masas del dummy Hybrid III Q6.

Fuente: [11]

Además cabe señalar que el material elegido para el dummy es de aluminio, esto se debe a que no se va observar la deformación que existe en él. En otras palabras se va a interpretar los resultados de las aceleraciones obtenidas en la simulación.

3.2.4.2 Parámetros del asiento, anclajes y del cinturón de seguridad

En la tabla 3.1 se muestra los valores establecidos para cada material, en el cual se introduce en el programa ANSYS en la opción Engineering Data, para establecer los parámetros correspondientes para el análisis.

Tabla 3. 1: Parámetros del material del asiento y sus anclajes.

Fuente:[15]

Parte	Módulo de elasticidad E (GPa)	Coefficiente de Poisson ν	Densidad ρ (kg/mm³)
Asiento	200	0.3	$7.84 \cdot 10^{-6}$
Anclaje 1 (izquierda-abajo)	200	0.3	$7.84 \cdot 10^{-6}$
Anclaje 2 (izquierda-arriba)	200	0.3	$7.84 \cdot 10^{-6}$
Anclaje 3 (derecha-abajo)	200	0.3	$7.84 \cdot 10^{-6}$

A continuación, en la tabla 3.2 se muestra los parámetros que definen el comportamiento del cinturón de seguridad.

Tabla 3. 2: Parámetros del material del cinturón de seguridad.

Fuente: [15]

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Módulo de elasticidad	E	200	GPa
Coefficiente de Poisson	ν	0.3	No tiene unidades
Densidad	ρ	$7.83 \cdot 10^{-6}$	$\frac{kg}{mm^3}$
Límite elástico	σ_y	0.15	GPa
Módulo de cortadura	G	2	GPa

3.2.4.3 Parámetros de la pared

Seguidamente en la tabla 3.3 se muestra los siguientes parámetros de la pared.

Tabla 3. 3: Parámetros de la pared.

Fuente:[17]

Módulo de elasticidad E (MPa)	$20 \cdot 10^3$
Coefficiente de Poisson ν	0.28
Densidad ρ (Kg/mm³)	$2.4 \cdot 10^{-6}$

3.2.4.4 Desarrollo de la simulación

Para el desarrollo de la simulación se realiza los siguientes pasos:

- Pre-Proceso
- Proceso
- Post-Proceso

3.2.4.4.1 Pre-Proceso

- Para el pre-proceso se procede a crear y seleccionar el material en el Engineering Data como se indica en la figura 3.13, esto se realiza con los datos obtenidos en apartado anterior.

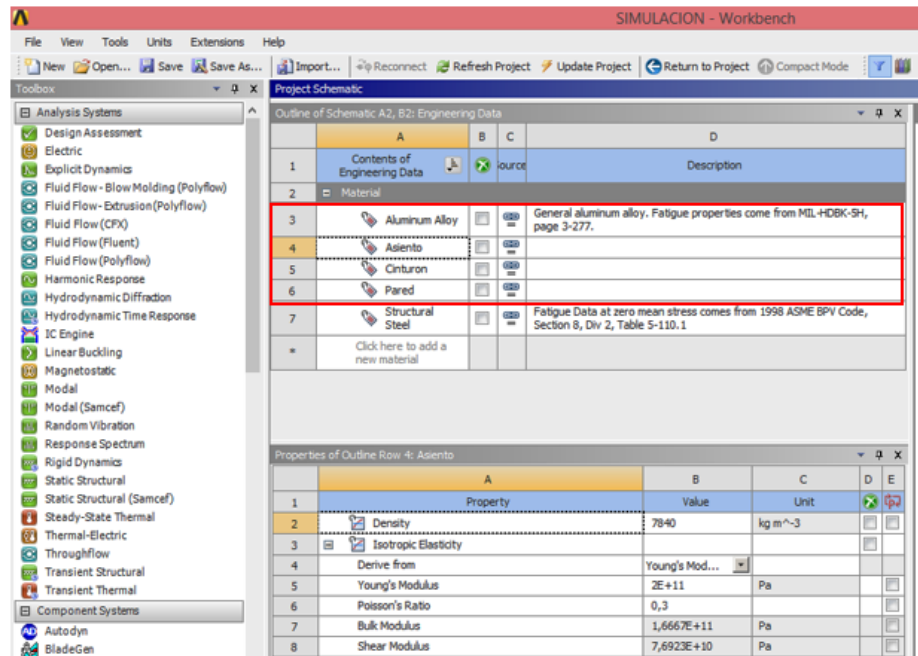


Figura 3. 13: Creación y selección del material.

Fuente: Autores

- Posteriormente se hace clic derecho en Geometry - Replace Geometry – Browse y se importa la geometría del dummy realizado en el solidworks versión estudiantil con la extensión .igs para hacer el respectivo análisis, como se indica en la figura 3.14.

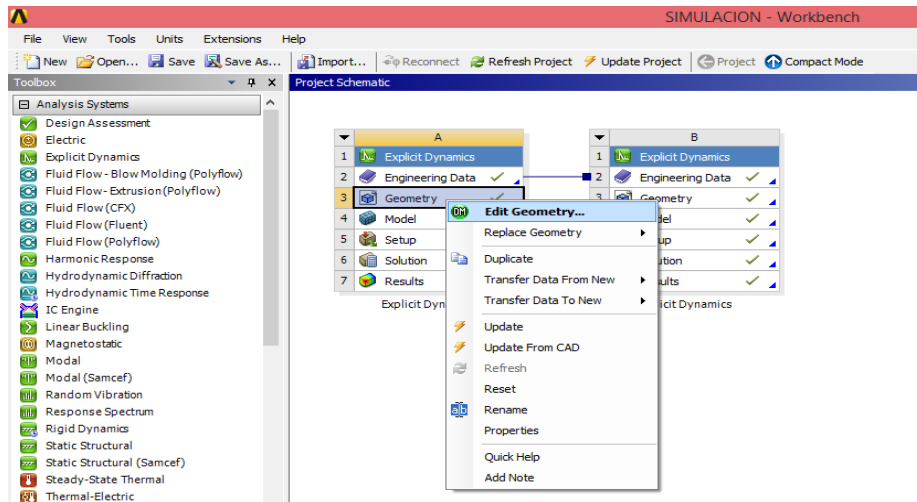


Figura 3. 14: Importación del dummy para el análisis.

Fuente Autores

- Realizado la respectiva importación de la geometría se hace doble clic en Model para realizar los respectivos procedimientos para el análisis. Cabe señalar que estos mismos pasos se realizan con el (Explicit Dynamics B). y además para establecer el material del recuadro B se enlace el Engineering Data desde A hasta B ya que van hacer los mismos materiales los que se van a emplear para la simulación, como se ilustra en la figura 3.15.

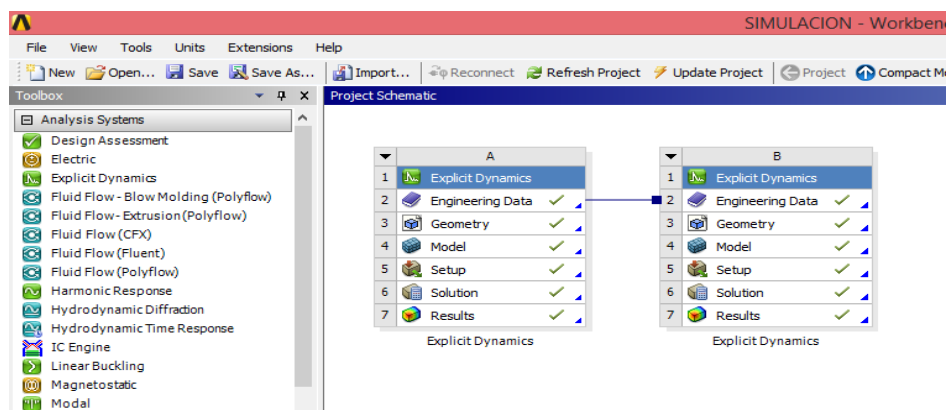


Figura 3. 15: Importada la geometría ir a Model (Modelo).

Fuente: Autores

- Posteriormente en el modelo, se debe tener en cuenta las unidades, para ello se debe hacer clic izquierdo en Units y se procede a seleccionar las unidades adecuadas, a continuación se debe hacer clic izquierdo en geometría y se

selecciona cada uno de los elementos para designar: los espesores, el tipo de material y el comportamiento de rigidez que tiene cada geometría, como se ilustra en la figura 3.16.

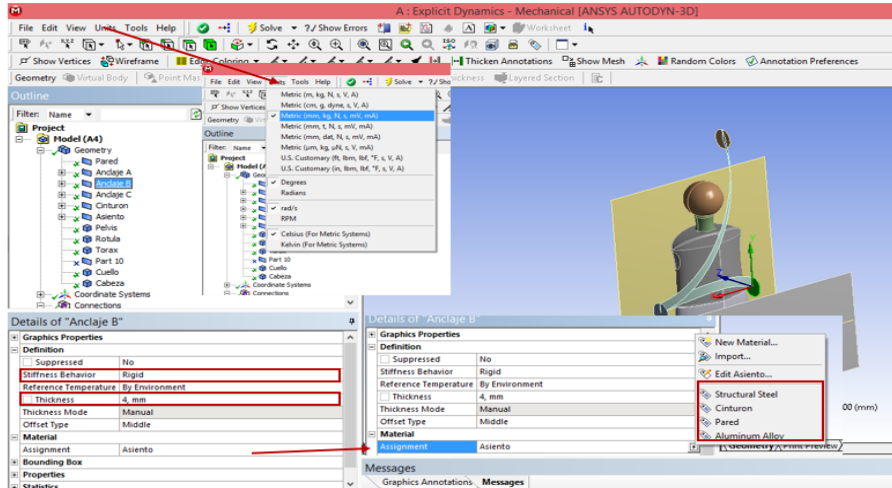


Figura 3. 16: Procedimientos a realizar en la geometría.

Fuente: Autores

- A continuación se procede hacer clic izquierdo en Body Interactions y posteriormente se selecciona las geometrías que van a intervenir directamente al momento del impacto los cuales son: la silla y la pared, como se muestra en la figura 3.17.

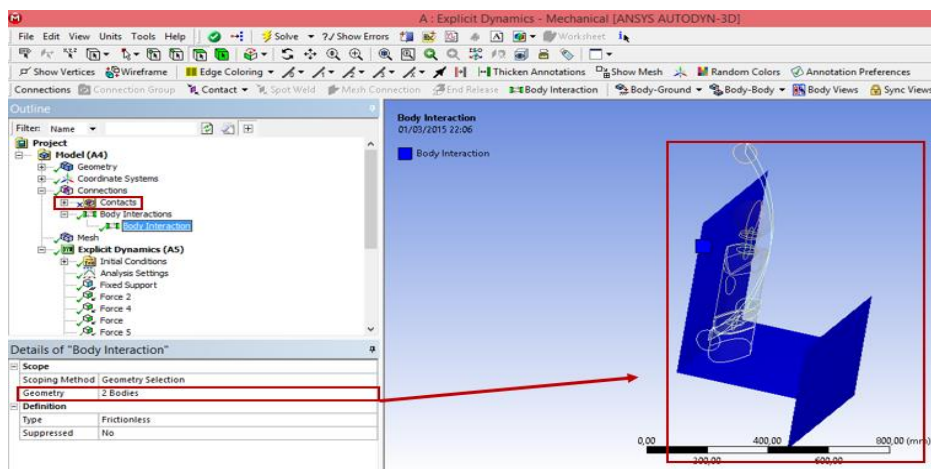


Figura 3. 17: Selección de los cuerpos para la Interacción del mismo.

Fuente: Autores

- En la figura 3.18 se ilustra el mallado de la geometría.

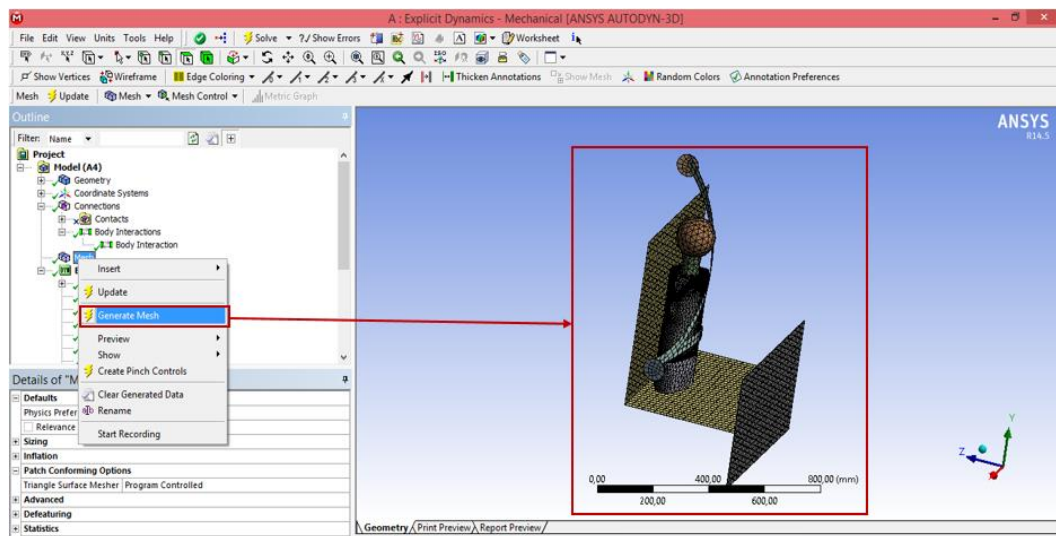


Figura 3. 18: Generación de la malla a la geometría.

Fuente: Autores

3.2.4.4.2 Proceso

- Se procede a ubicar las condiciones iniciales, se hace clic derecho en initial conditions y se inserta la velocidad, como se ilustra en la figura 3.19 y posteriormente se selecciona los cuerpos que van a estar con velocidad y a continuación se inserta el valor de la velocidad.

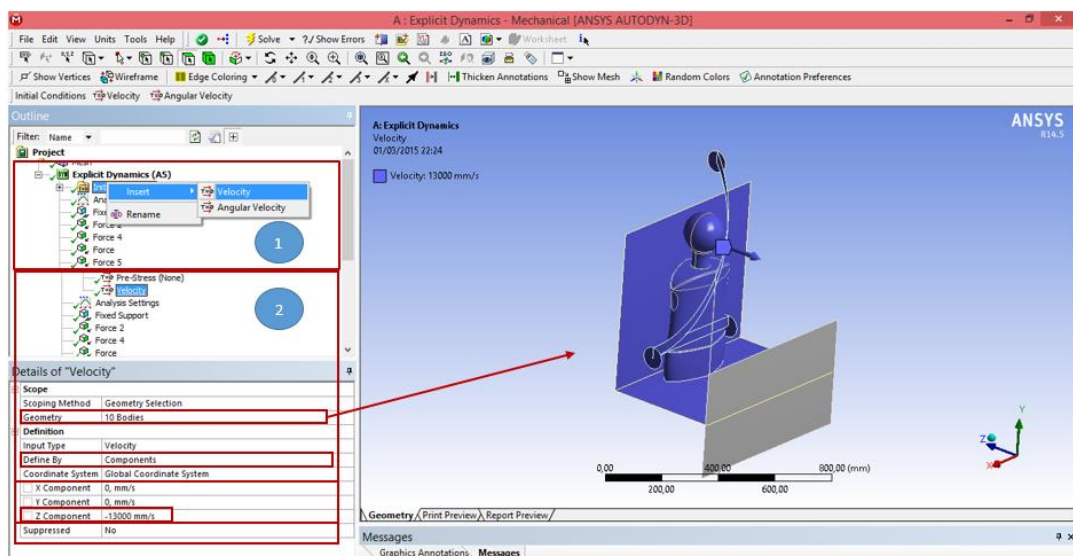


Figura 3. 19: Selección de los cuerpos para establecer la velocidad.

Fuente: Autores

- A continuación se hace clic en Analysis Settings como se ilustra en la figura 3.20, de ahí se coloca el tiempo final (End time 0,5 seg.) y el número de ciclos, en este caso es opto a ubicar 10000 ciclos ya que la construcción del dummy es un sólido y al colocar mayor número de ciclos el tiempo de resolución es elevado. Posteriormente se procede a colocar en la pared laminar un soporte fijo.

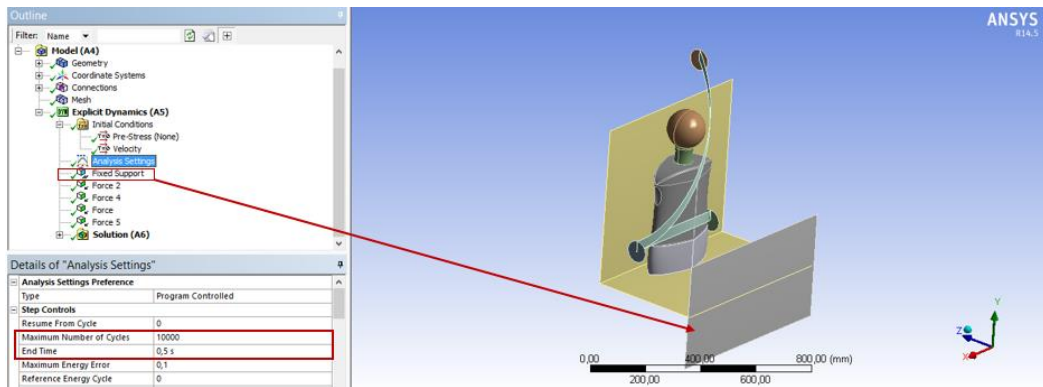


Figura 3. 20: Colocación del tiempo a realizarse en la simulación.
Fuente: Autores

- Seguidamente se procede a colocar las fuerzas respectivas a cada una de las partes del dummy como se indica en la figura 3.21, las cuales están ubicadas en el eje y. Para obtener las fuerzas se utilizan de los parámetros del dummy el cual consiste en multiplicar la masa por la gravedad.

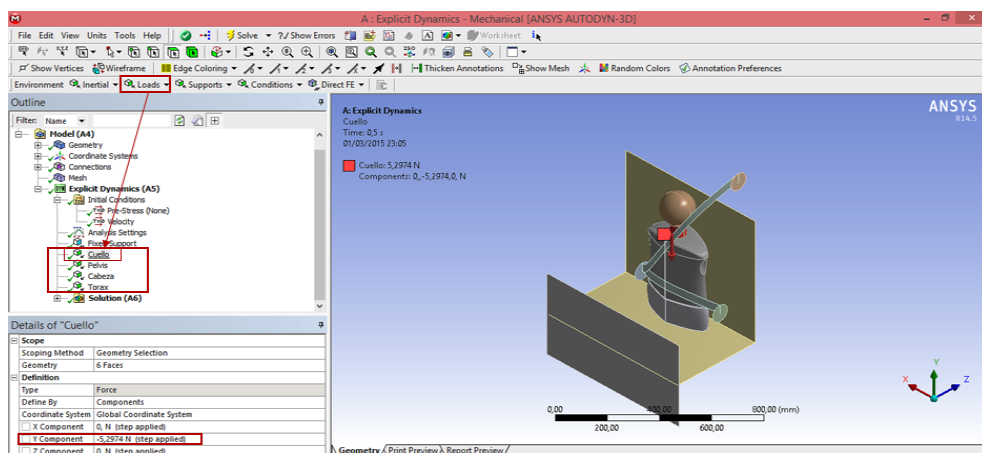


Figura 3. 21: Ubicación de las cargas respectivas en el dummy.

Fuente: Autores

3.2.4.4.3 Post-Proceso

- Es la visualización de los resultados, en donde se procede a obtener las aceleraciones respectivas para la cabeza, tórax y pelvis cada una de ellas en sus tres componentes (x, y, z).

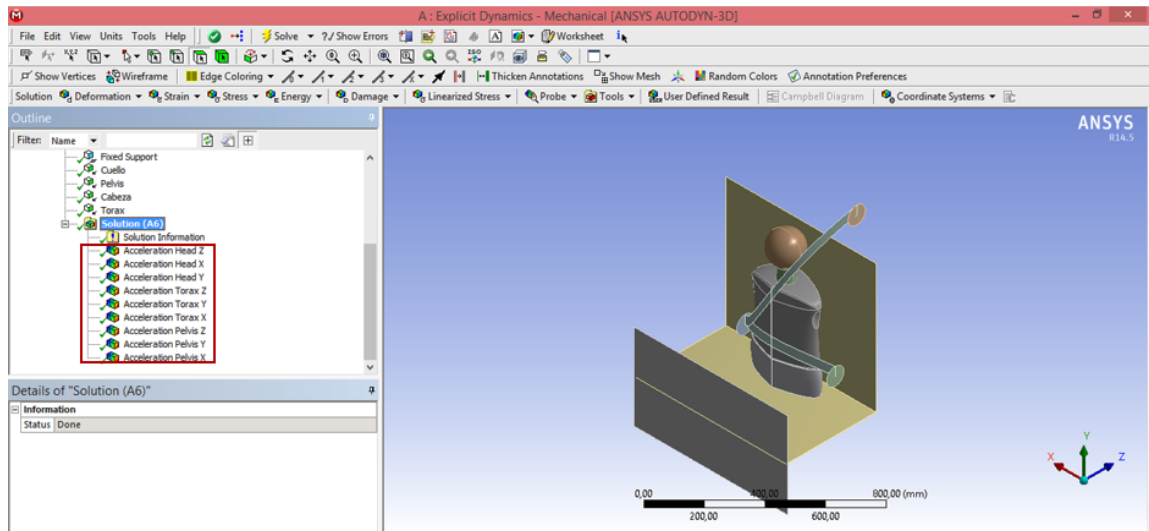


Figura 3. 22: Los resultados obtenidos.

Fuente: Autores

NOTA: Para realizar el análisis con el sistema de retención infantil (Explicit Dynamics B) se realizan los mismos procedimientos que se realizaron con anterioridad.

CAPITULO IV

4 ANALISIS DE RESULTADOS

En este apartado se analiza los resultados obtenidos en la simulación, utilizando el programa ANSYS.

4.1 Sistema de retención infantil sin cojín elevador

Los resultados obtenidos se realizaron en las siguientes partes del dummy como son:

- Aceleraciones en la cabeza
- Aceleraciones en el tórax
- Aceleraciones en la pelvis
-

4.1.1 Aceleraciones en la cabeza

En la figura 4.1 se muestran las aceleraciones máximas correspondientes en cada una de sus componentes (x, y, z), con estos datos se procede a calcular una aceleración resultante, para posteriormente hacer una comparación de los resultados.

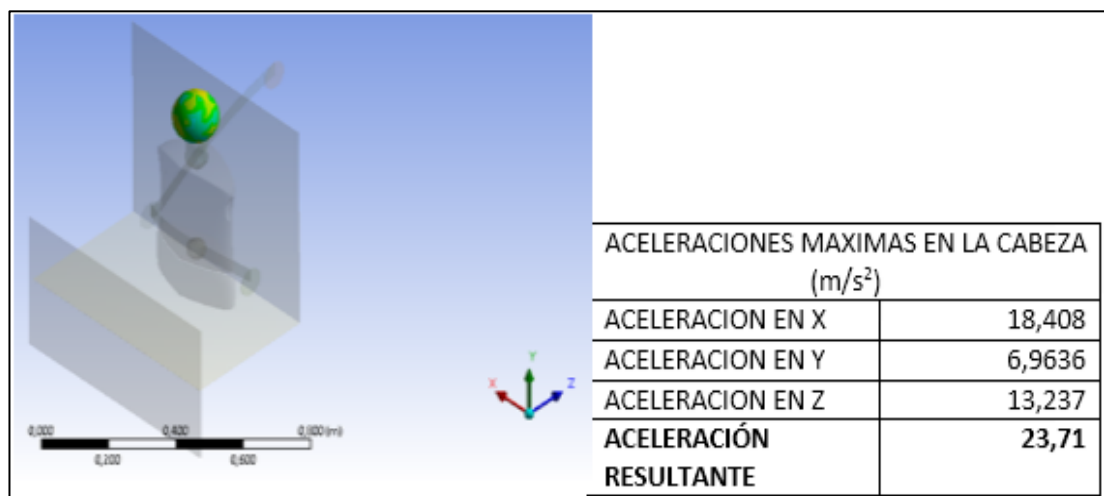


Figura 4. 1: Aceleraciones en la cabeza.

Fuente: Los autores

4.1.2 Aceleraciones en el tórax

En la figura 4.2 se ilustra los resultados de las máximas aceleraciones obtenidas durante la simulación en cada una de sus componentes (x, y, z), posteriormente con estos datos se realiza el cálculo para encontrar la aceleración resultante, y de esta manera establecemos una comparación de resultados.

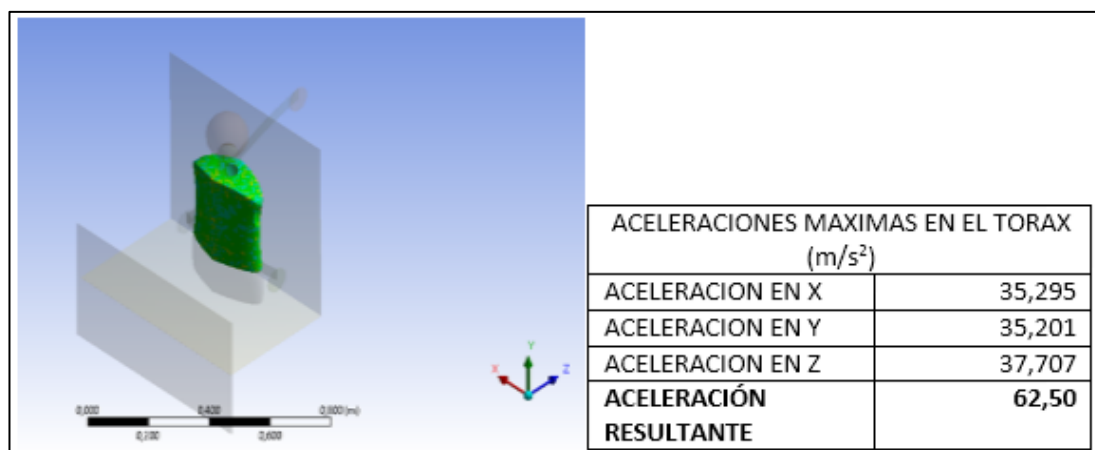


Figura 4. 2: Aceleraciones en el tórax

Fuente: Los autores

4.1.3 Aceleraciones en la pelvis

En la figura 4.3 se puede observar las aceleraciones máximas obtenidas durante la simulación en cada una de sus componentes (x, y, z), con estos datos se procede a calcular la aceleración resultante, para luego efectuar una comparación entre los resultados.

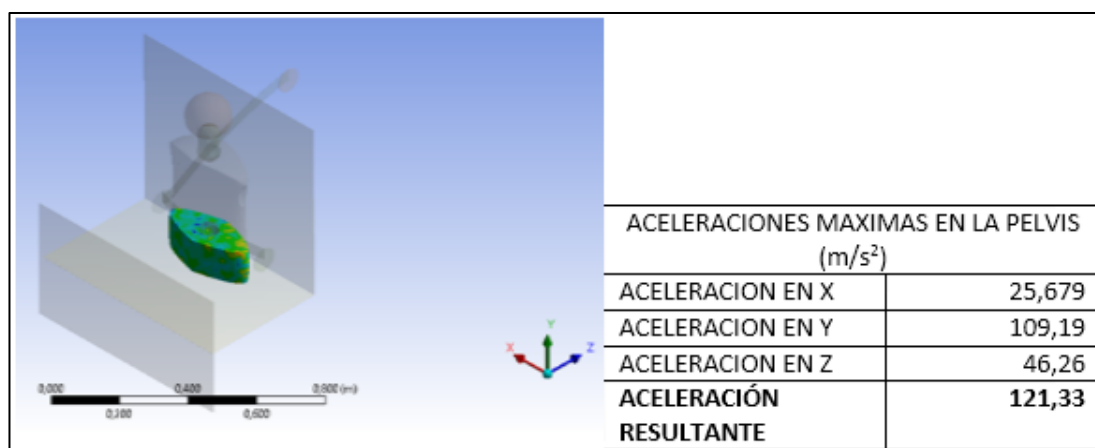


Figura 4. 3: Aceleraciones en la pelvis.

Fuente: Los autores

4.2 Sistema de retención infantil utilizando el cojín elevador

Los resultados obtenidos se realizaron en las siguientes partes del dummy como son:

- Aceleraciones en la cabeza
- Aceleraciones en el tórax
- Aceleraciones en la pelvis

4.2.1 Aceleración en la cabeza

En la figura 4.4 se muestra los resultados de las máximas aceleraciones obtenidas durante la simulación en cada una de sus componentes (x, y, z), posteriormente con estos datos se realiza el cálculo matemático para encontrar la aceleración resultante, y de esta manera establecemos una comparación de resultados.

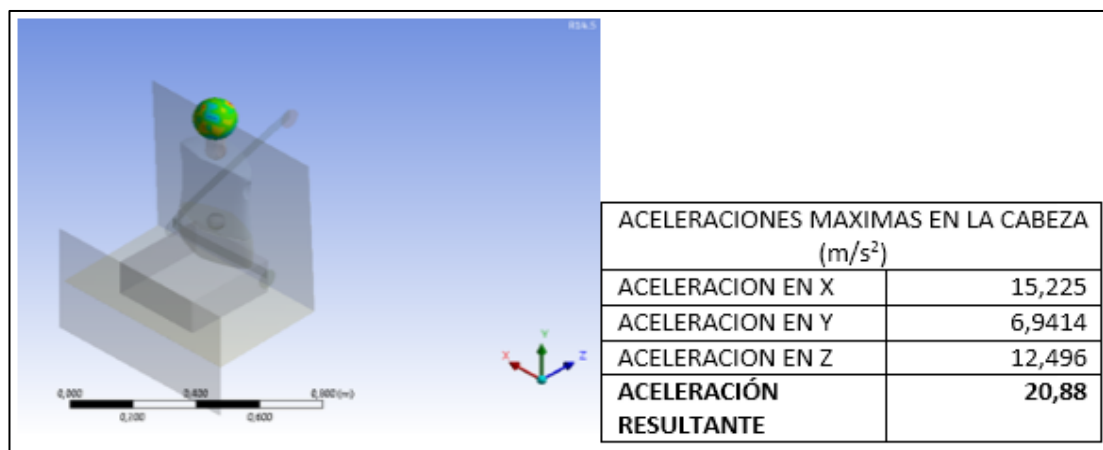


Figura 4. 4: Aceleraciones en la cabeza.

Fuente: Los autores

4.2.2 Aceleraciones en el tórax

En la figura 4.5 se detallan las aceleraciones máximas correspondientes en cada una de sus componentes (x, y, z), con estos datos se procede a calcular una aceleración resultante, para posteriormente hacer una comparación de los resultados.

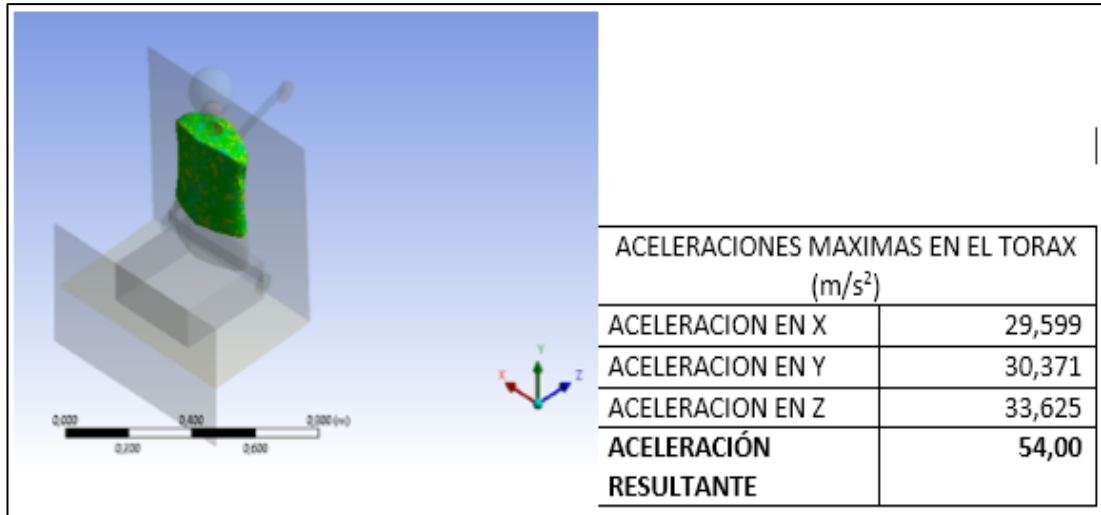


Figura 4. 5: Aceleraciones en el tórax.

Fuente: Los autores

4.2.3 Aceleraciones en la pelvis

En la figura 4.6 se puede observar las aceleraciones máximas obtenidas durante la simulación en cada una de sus componentes (x, y, z), con estos datos se procede a calcular la aceleración resultante, para luego efectuar una comparación entre los resultados.

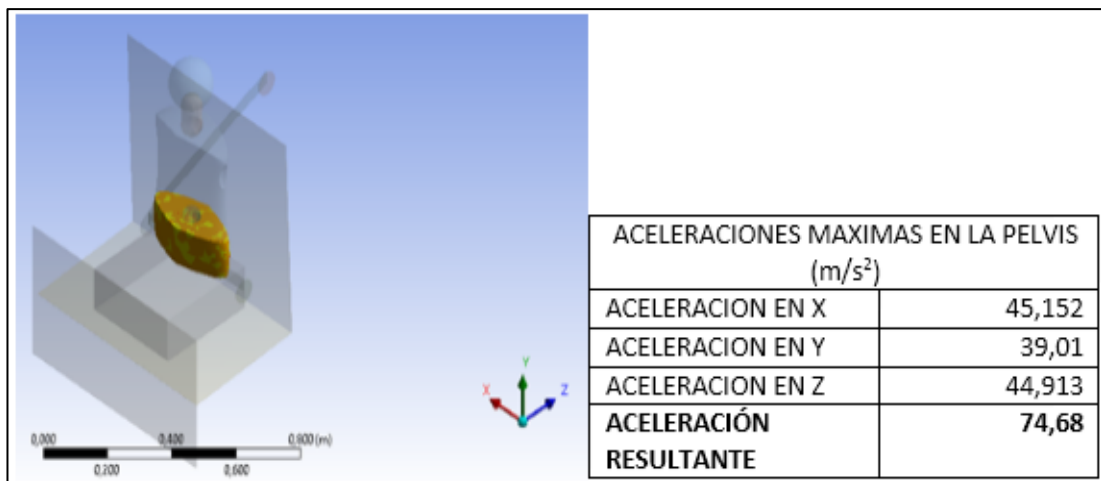


Figura 4. 6: Aceleraciones en la pelvis.

Fuente: Los autores

4.3 Comparación de resultados del sistema de retención infantil sin cojín elevador y utilizando el cojín elevador.

Comparando los resultados de las aceleraciones resultantes dadas en la cabeza se puede observar en las tablas 4.1 y 4.2, la que consta con el cojín elevador disminuye considerablemente, al tener menor aceleración la cabeza no sufrirá de daños o lesiones graves.

En el tórax cuando utilizamos un sistema de retención con el cojín elevador, las aceleraciones resultantes bajan considerablemente como podemos apreciar en la tabla 4.1 y 4.2, con esto disminuye el nivel de peligro y por lo tanto resulta favorable para no sufrir lesiones graves en un impacto frontal.

Efectuando la comparación de las aceleraciones resultantes como se muestra en la tabla 4.1 y 4.2, la pelvis sufre menor daño o lesión cuando consta de un sistema de retención con cojín elevador puesto que disminuye la aceleración resultante.

Tabla 4. 1: Aceleraciones resultantes sin el cojín elevador.

Fuente: Los autores

SIN COJIN ELEVADOR		m/s²
CABEZA	RESULTANTE DE ACELERACION	23,71
TORAX	RESULTANTE DE ACELERACION	62,50
PELVIS	RESULTANTE DE ACELERACION	121,33

Tabla 4. 2: Aceleraciones resultantes utilizando el cojín elevador.

Fuente: Los autores

UTILIZANDO COJIN ELEVADOR		m/s²
CABEZA	RESULTANTE DE ACELERACION	20,88
TORAX	RESULTANTE DE ACELERACION	54
PELVIS	RESULTANTE DE ACELERACION	74,68

CONCLUSIONES

- Para el análisis en el programa ANSYS, se deben tomar como referencia tres partes principales del dummy que son cabeza, tórax y pelvis, debido que estas partes están expuestas a sufrir mayor daño en un impacto frontal del vehículo.
- Para reducir la aceleración máxima de las partes de un dummy de 6 años al momento de una colisión, dependerá del cinturón de seguridad de tres puntos más aún si se utiliza un cojín elevador, permitiendo reducir las lesiones en el niño.
- La visualización de resultados para una aproximación real (independiente del tipo de simulador), dependerá del número de ciclos y del conjunto de mallado que se dé al sistema; provocando un mayor tiempo de resolución en el modelo.

RECOMENDACIONES

- El proyecto queda abierto para realizar modificaciones y adaptaciones en el dummy, según sea las necesidades que el investigador desee realizar.
- Para un mejor estudio del comportamiento de los cuerpos del dummy durante una colisión, la universidad podría adquirir un software de crash test, el cual brindara un análisis dinámico detallado del dummy o elemento al momento de un impacto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Plan de Movilidad Sustentable de Buenos Aires, “Sistemas de retención infantil: sillitas para bebés y niños.” [Online]. Available: <http://movilidad.buenosaires.gob.ar/control-y-seguridad-vial/seguridad-vial/seguridad-vial-para-ninos-y-jovenes/sistemas-de-retencion-infantil-sillitas-para-bebes-y-ninos/>.
- [2] FIA Foundation for the Automobile and Society, “Cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil: un manual de seguridad vial para decisores y profesionales.” 2009.
- [3] Matafuegos Express, “Arneses y Cinturones,” 2014. [Online]. Available: <http://www.matafuegosexpress.com/producto/arnes-cinturon-de-seguridad-para-ninos/>.
- [4] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, “Disposiciones generales.” 03-Feb-2001.
- [5] Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, “Reglamento no 129 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE): Prescripciones uniformes relativas a la homologación de sistemas reforzados de retención infantil utilizados a bordo de vehículos de motor (SRIR).” 29-Mar-2014.
- [6] G. Rodríguez, “Preguntas Frecuentes.” [Online]. Available: http://www.gonzalorodriguez.org/index.php/es/?option=com_content&view=article&id=150&Itemid=335&lang=esv.
- [7] bebeconfort, “Etiqueta ECE R44/04 de homologación europea.” [Online]. Available: <http://www.bebeconfort.com/es-es/productos/sillas-de-auto/etiqueta-homologaci%C3%B3n-europea.aspx>.
- [8] preciolandia, “Oportunidad Buseta Furgoneta Escolar Con Puesto Del Valle.” [Online]. Available: <http://www.preciolandia.com/ec/oportunidad-buseta-furgoneta-escolar-con-6p0vij-a.html>.
- [9] J. A. Orbes Revelo, *Biomecánica y ergonomía de la bicicleta*. Armenia : Kinesis, 2013.

- [10] America on the move, “Compliance Testing.” [Online]. Available: http://amhistory.si.edu/onthemove/themes/story_86_17.html.
- [11] J. Condes Novillo, “Simulación de ensayos de choques en vehículos. Validación de un modelo de dummy en 2 dimensiones,” Universidad Carlos III de Madrid, España-Leganés, 2005.
- [12] A. García Lloret and C. Carmona Castañeda, “Los Crash Test.” .
- [13] M. Kleinberger, E. Sun, R. Eppinger, S. Kupp, and R. Saul, *Development of improved injury criteria for the assessment of advanced automotive restraint systems*. National Highway Traffic Safety Administration Washington, DC, 1998.
- [14] Humanetics Innovative Solutions, “Hybrid III 6 Year Old Child Dummy.” [Online]. Available: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/children/hybrid-iii-6-year-old>.
- [15] M. Moriche Guerrero, “Estudio del efecto del cinturón de seguridad y del airbag en el ocupante de un vehículo en caso de colisión,” 2008.
- [16] Cleck, “Ozzi Specifications,” 2015. [Online]. Available: <http://clekinc.com/support/ozzi/specifications/>.
- [17] D. Illescas Pérez, “Simulación de un choque frontal de un vehículo automóvil contra diferentes tipos de barrera,” 2009.
- [18] United Nations, “Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescriptions.” 27-Feb-2014.
- [19] Ingemecanica, “Reglamentos de la CEPE/ONU,” *Ingemecanica.com*. [Online]. Available: www.ingemecanica.com.
- [20] Ecured, “Dummy.” [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/Dummy>.