

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL APTO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE BASTIDORES DE UN VEHÍCULO TIPO HATCHBACK
M1 SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 114”**

AUTORES:

KLEVER MARCELO HERRERA JARAMILLO
SANTIAGO FRANCISCO MUNZÓN ZHUIN

TUTOR:

ING. WILSON PATRICIO CALLE GUAMANTARIO

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

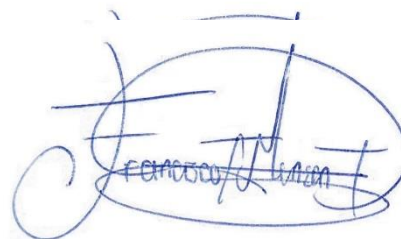
Nosotros, Klever Marcelo Herrera Jaramillo con documento de identificación N° 1105802043 y Santiago Francisco Munzón Zhuin con documento de identificación N° 0104017850, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL APTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASTIDORES DE UN VEHÍCULO TIPO HATCHBACK M1 SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 114”**, mismo que ha sido desarrollado para optar el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre de 2021.



Klever Marcelo Herrera Jaramillo
C.I. 1105802043



Santiago Francisco Munzón Zhuin
C.I. 0104017850

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL APTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASTIDORES DE UN VEHÍCULO TIPO HATCHBACK M1 SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 114”**, realizado por Klever Marcelo Herrera Jaramillo y Santiago Francisco Munzón Zhuin, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre de 2021.



Ing. Wilson Patricio Calle Guamantario

C.I. 0103551057

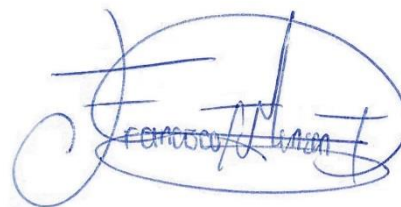
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Klever Marcelo Herrera Jaramillo con documento de identificación N° 1105802043 y Santiago Francisco Munzón Zhuin con documento de identificación N° 0104017850, autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL APTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASTIDORES DE UN VEHÍCULO TIPO HATCHBACK M1 SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 114”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, diciembre de 2021.



Klever Marcelo Herrera Jaramillo
C.I. 1105802043



Santiago Francisco Munzón Zhuin
C.I. 0104017850

Resumen

El presente proyecto trata sobre determinar el material óptimo para la construcción de bastidores de vehículos tipo hatchback, basándose en los materiales descritos en la normativa NTE INEN 114. En primer lugar, se detallan los ensayos de choque que existen, las partes afectadas del vehículo y las entidades encargadas de realizar estos ensayos.

Después se realizará el diseño del vehículo tipo hatchback M1 con toda la parte estructural y mecanismos soportados por la estructura mediante software CAD, para luego pasar a un software CAE donde se realizará el preprocesamiento del diseño del vehículo, colocando los materiales según la normativa NTE INEN 114 referente a “Planchas delgadas de acero al carbono”, estableciendo todos los parámetros necesarios para la simulación de impacto frontal y lateral del vehículo.

En la parte final del proyecto una vez obtenido los resultados del software CAE se hará un análisis basándose en el reglamento número 94 y 95 de la Comisión Económica para Europa y se emitirán las respectivas conclusiones con el fin de determinar el material con mejores propiedades mecánicas para la fabricación de bastidores de vehículos tipo hatchback M1 en el Ecuador.

Abstract

This project deals with determining the optimal material for the construction of frames for hatchback-type vehicles, based on the materials described in the NTE INEN 114 standard. First, the existing crash tests, the affected parts of the vehicle and the entities in charge of carrying out these tests.

Afterwards, the design of the M1 hatchback vehicle will be carried out with all the structural part and mechanisms supported by the structure using CAD software, to then go to a CAE software where the pre-processing of the vehicle design will be carried out, placing the materials according to the NTE INEN regulations. 114 referring to "Thin carbon steel plates", establishing all the necessary parameters for the simulation of frontal and lateral impact of the vehicle.

In the final part of the project, once the results of the CAE software have been obtained, an analysis will be made based on the regulations number 94 and 95 of the Economic Commission for Europe and the respective conclusions will be issued in order to determine the material with the best mechanical properties for the manufacture of M1 hatchback vehicle frames in Ecuador.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Problema	1
Antecedentes	1
Importancia y Alcances.....	2
Delimitación Geográfica.....	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Estado del arte	4
Habitáculo de Seguridad	4
Fenómeno de Colisión	6
La Estructura en una Colisión	7
Ensayos de Choque.....	8
Entidades que los Realizan.....	9
Fabricantes.....	9
Organismos de homologación	10
Organizaciones NCAP	11
Tipos de Pruebas de Choque	12

Impacto Frontal.....	13
Impacto Lateral.....	15
Impacto Lateral de Poste.....	17
Marco Metodológico.....	18
Elección del Vehículo Para Diseñar	18
Vehículo tipo Hatchback.....	18
Comparación entre las Entidades que Realizan los Ensayos	21
Diseño del Vehículo Tipo Hatchback M1 en SolidWorks.....	26
Diseño de carrocería	26
Diseño de Bastidores, Compartimiento del Motor y Habitáculo	27
Diseño de Impactador Móvil.....	28
Método de Elementos Finitos.....	30
Impacto Frontal	30
Preprocesamiento CAE.....	30
Calidad de Mallado.....	30
Material	31
Restricciones.....	33
Contactos.....	33
Velocidad de Impacto	34
Hourglass.....	34

Dummy.....	34
Impacto Lateral.....	35
Velocidad de Impacto	36
Resultados	37
Impacto frontal	37
Factor de Hourglass	37
Velocidad del Vehículo.....	38
Esfuerzo de Von Misses.....	38
Evaluación de los criterios de aceptación	42
Criterios de comportamiento de la cabeza (CCC)..	42
Criterios del torax..	45
Criterio de comportamiento de pelvis.....	49
Impacto Lateral.....	53
Factor de Hourglass	53
Velocidad del Impactador Deformable Móvil.....	54
Esfuerzo de Von Misses.....	54
Evaluación de los Criterios de Aceptación	58
Criterios de comportamiento de la cabeza (CCC)..	58
Criterios del torax.	61
Criterio de comportamiento de pelvis.....	65

Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Referencias Bibliográficas	71
Anexos	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Impacto Frontal de Kia Rio Sedan</i>	21
Figura 2. <i>Equipo de seguridad de Kia Rio Sedan</i>	22
Figura 3. <i>Impacto Frontal de Kia Rio Sedan con un Airbag</i>	23
Figura 4. <i>Equipo de Seguridad de Kia Rio Sedan con un Airbag</i>	24
Figura 5. <i>Estándares de Seguridad de Kia Rio Familiar Pequeño</i>	25
Figura 6. <i>Test de Resultados del Kia Rio Familiar Pequeño</i>	25
Figura 7. <i>Planos del Vehículo Tipo Hatchback</i>	26
Figura 8. <i>Diseño de la Carrocería Terminada</i>	27
Figura 9. <i>Diseño de los Componentes del Compartimiento del Motor</i>	27
Figura 10. <i>Diseño de Piso y Pared</i>	28
Figura 11. <i>Dimensiones del Impactador</i>	29
Figura 12. <i>Diseño del Impactador Móvil</i>	29
Figura 13. <i>Espectro de Calidad de Mallado</i>	30
Figura 14. <i>Jacobiano del Diseño</i>	31
Figura 15. <i>Gráfico de Esfuerzo (MPa) vs Deformación (mm/mm)</i>	32
Figura 16. <i>Carta de Control BOUNDARY_SPC</i>	33
Figura 17. <i>Hybrid III</i>	35
Figura 18. <i>Ubicación del Impactador en el Costado del Vehículo</i>	36

Figura 19. <i>Factor de Hourglass. Energías (MJ) vs Tiempo(ms)</i>	37
Figura 20. <i>Velocidad del Vehículo (m/s) vs el tiempo (ms)</i>	38
Figura 21. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-34</i>	39
Figura 22. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-37</i>	39
Figura 23. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-42</i>	40
Figura 24. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-50</i>	40
Figura 25. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-34</i>	42
Figura 26. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-37</i>	43
Figura 27. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-42</i>	43
Figura 28. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-50</i>	44
Figura 29. <i>Distancia de las Costillas</i>	45
Figura 30. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A34</i>	46
Figura 31. <i>Deformación de las costillas (mm) vs tiempo (ms) para el material A-37</i>	46
Figura 32. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-42</i>	47
Figura 33. <i>Deformación de las Costillas(mm) vs tiempo (ms) para el Material A-50</i>	47
Figura 34. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-34</i> ...	49
Figura 35. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-37</i> ...	49
Figura 36. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-42</i> ...	50
Figura 37. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-50</i> ...	50
Figura 38. <i>Factor de Hourglass. Energías (MJ) vs Tiempo(ms)</i>	53

Figura 39. <i>Velocidad del Impactador Deformable Móvil (m/s) vs tiempo (ms)</i>	54
Figura 40. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-34</i>	55
Figura 41. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con Material A-37</i>	55
Figura 42. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con Material A-42</i>	56
Figura 43. <i>Esfuerzo de Von Misses (GPa) con Material A-50</i>	56
Figura 44. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-34</i>	58
Figura 45. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-37</i>	59
Figura 46. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-42</i>	59
Figura 47. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-50</i>	60
Figura 48. <i>Distancia de las Costillas</i>	61
Figura 49. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-34</i>	62
Figura 50. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-37</i>	62
Figura 51. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-42</i>	63
Figura 52. <i>Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-50</i>	63
Figura 53. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-34</i> ...	65
Figura 54. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-37</i> ...	65
Figura 55. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-42</i> ...	66
Figura 56. <i>Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-50</i> ...	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Modelos más vendidos en nuestro país en el año 2020</i>	19
Tabla 2. <i>Propiedades Mecánicas en el Ensayo correspondiente a Tracción</i>	31
Tabla 3. <i>Valores de Esfuerzo de Von Misses</i>	41
Tabla 4. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza Según Material y Espesor</i>	44
Tabla 5. <i>Criterio de de Comportamiento en el Torax Según Material y Espesor</i>	48
Tabla 6. <i>Criterio de Comportamiento de la Pelvis Según Material y Espesor</i>	51
Tabla 7. <i>Criterio de Comportamiento de Cabeza, Tórax y Pelvis</i>	52
Tabla 8. <i>Esfuerzo de Von Misses</i>	57
Tabla 9. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza</i>	60
Tabla 10. <i>Criterio de Comportamiento del Torax</i>	64
Tabla 11. <i>Criterio de Comportamiento de la Pelvis</i>	67
Tabla 12. <i>Criterio de Comportamiento de la Cabeza, Tórax y Pelvis</i>	68

Introducción

La presente trabajo de fin de grado está orientado a determinar los materiales más aptos de la normativa NTE INEN 114 referente a “Planchas delgadas de acero al carbono”, como ventaja de que esto es un estudio previo para la posterior implementación de fabricación de bastidores de vehículos tipo hatchback M1 en el Ecuador, utilizando el método computacional de elementos finitos, como es el software CAE, que permita visualizar mediante simulaciones y gráficos el comportamiento de cada material ante un impacto frontal y lateral, a su vez que cumpla con los estándares internacionales referente a la seguridad de pasajeros que rige el reglamento número 94 y 95 de la Comisión Económica para Europa (CEPE).

Problema

Antecedentes

En la actualidad, los accidentes de tránsito y sus consecuencias siguen siendo un problema de salud pública a nivel Mundial, según datos de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), el total de siniestros ocurridos a nivel nacional en el año 2020 fueron 15050; de los cuales 4291 fueron debido a choque lateral, 1126 siniestros por choque posterior y 778 por choque frontal (ANT, 2020). De tal manera que la parte que mayor impacto absorbe en el vehículo para protección de los ocupantes son los bastidores y carrocería, por otro lado, influye también el material que están contruidos dichos componentes, ya que debe garantizar la resistencia, siendo ligera, pero a su vez muy rígida y deformable (Morales, 2020). Según el LatinNCAP no se realizan ensayos de colisión en todos los modelos de vehículos (LATIN NCAP, 2019), por otro lado, existe poca información que posee el mercado ecuatoriano sobre esto para decidir la seguridad pasiva y activa del vehículo.

Importancia y Alcances

Considerando que actualmente se carece de investigaciones que analicen la validez del uso de distintos materiales establecidos en la normativa NTE INEN 114 en la fabricación de bastidores para vehículos tipo hatchback M1, el presente proyecto procura ayudar de manera técnica e investigativa para una posterior implementación de los materiales en el tipo de vehículo ya mencionado.

El presente proyecto beneficiará al Grupo de Investigación de Ingeniería de Transporte (GIIT), de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, a través de su línea de investigación de Diseño Mecánico Automotriz.

Delimitación Geográfica

El presente proyecto técnico se delimita en determinar el material con mejores propiedades mecánicas elaborados en el Ecuador, específicamente de los materiales que se encuentran en la normativa NTE INEN 114 referente a “Planchas delgadas de acero al carbono”, con el fin de incorporarlos en los bastidores de los vehículos tipo hatchback M1, previo a un análisis que demuestre la viabilidad del proyecto.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el tipo de material apto para la construcción de bastidores de un vehículo tipo hatchback M1 según la normativa NTE INEN 114.

Objetivos Específicos

Recopilar información referente al comportamiento estructural de los vehículos tipo hatchback M1 en un impacto frontal y lateral mediante investigación bibliográfica

Diseñar el vehículo tipo hatchback M1 mediante software CAD para su posterior simulación.

Simular el diseño del vehículo tipo hatchback M1 mediante el software CAE el impacto frontal y lateral para visualizar su comportamiento estructural.

Analizar los resultados obtenidos comparados con el reglamento de la Comisión Económica de Europa para determinar el material apto de los bastidores.

Estado del arte

Habitáculo de Seguridad

La carrocería de un auto es un sistema de seguridad, también conocido como “división de supervivencia”, es el módulo base del auto en el que viajan el chofer y los ocupantes. Ya que las partes trasera y delantera del auto se diseñan para que se desfiguren de una manera ya establecida, la carrocería o cabina de los ocupantes debe ser lo más fuerte e indeformable posible, para que en un posible choque no provoque que su estructura se deforme hacia dentro, o en caso de vuelco aplastarse, dañando en ambos casos a los ocupantes del auto. Pero, además, la carrocería de un auto se diseña de forma que se pueda guiar y repartir por toda su estructura la mayor cantidad posible de energía liberada en cualquier tipo de impacto. (Autocasión, 2020)

La carrocería del vehículo cada vez es más equipada con equipos de seguridad tanto airbags como estructuras inteligentes para cuidar la integridad de los pasajeros. Hoy es muy importante la que la carrocería del auto después de un choque mantenga su estructura y no existan deformación ya que con esto se puede evaluar rápidamente el estado de los ocupantes caso contrario pudiera haber lesiones fuertes.

Los materiales que se usan hoy en día en estas carrocerías son materiales en los que se buscan tener una mayor resistencia, pero con menor peso para obtener un menor consumo de los autos, estos materiales son aceros, fibras que son puestas en práctica en autos que compiten como por ejemplo la fórmula 1, donde se pone en evaluación estos materiales y luego de varias pruebas se ponen en comercialización. Por ello este tipo de materiales van de la mano con la tecnología que cada vez son más eficientes para salvaguardar la vida de las personas dentro de un auto.

Las personas antes al comprar un auto lo que hacían era ver un auto que se vea el más bonito, popular y que sea el más rápido, pero con el pasar del tiempo esto ha ido cambiando esto

ya que hoy en día muchas personas están al tanto de lo que es la seguridad activa y pasiva. Pero muchos dan más importancia a la seguridad activa (ABS, ESP, ETC) que ayudaría a tener una mejor eficiencia en el manejo del auto, que la seguridad pasiva (CHASIS, CARROCERIA, ETC) que sería la parte más importante que puede llegar a salvar una vida a la hora de una colisión. Por ello un buen diseño de la carrocería lo que logra hacer es que en la colisión sea menos fuerte el impacto para los ocupantes así manteniendo intacta el auto. (Autocasión, 2020)

La deformación programada es lo más actual que se utilizan para absorción de energía a la hora de un accidente, por ello hoy se puede ver que en un accidente la parte exterior de un auto queda más arruinada que un auto más antiguo, ya que un auto antiguo no se destrozaba del todo, pero toda esta energía la recibían los ocupantes llegando a dañar su integridad. A parte de la deformación programada de usan equipos que amortigüen los impactos para poder dar una mejor seguridad y garantizar su vida.

Por esto se puede ver que las normas para la elaboración de vehículos son más exigentes ya que debe pasar pruebas de homologación por lo que hoy un auto de cualquier marca compite con otra para ser la mejor que pueda garantizar una seguridad eficiente al comprador de dicho auto. La carencia de principios sobre este punto de vista a menudo viene causada por la dificultad de determinar ciertas características de una manera irrefutable y objetiva al momento de adquirir un vehículo.

Hoy en día existen los ensayos llamados crash-test que son pruebas que asemejan accidentes reales para poder evaluar la seguridad del auto. En la cual gracias a la tecnología se pueden evaluar los parámetros mediante medición de esfuerzos que pueden absorber los dummies en las colisiones y así poder para garantizar la integridad de los ocupantes, estos ensayos evalúan

directamente la parte pasiva del auto que son airbags, cinturones de seguridad, la estructura del vehículo.

Pero hoy en día existen entidades e institutos de investigación en otros países que se dedican a realizar este tipo de evaluaciones y llegan a hacer una tabla de rankings de seguridad pasiva de varios vehículos de distintas marcas y modelos, esto lo logran ya que ensayos como el crash-test frontal con una barra deformable y superposición del 40% a lado del chofer es la manera más eficiente de replicar un accidente frontal real. (Autocasión, 2020)

Fenómeno de Colisión

Si se llega a dar una colisión, la carrocería del auto es la parte más importante ya que esta es la que absorbe las fuerzas a la que están siendo sometidos los ocupantes. Por lo que es necesario estudiar los siguientes puntos que son fundamentales:

- Dureza
- Fuerza a la que se encontrará sometida
- Capacidad de absorber la energía

La rigidez de la carrocería del vehículo es muy importante ya que debe soportar distintas fuerzas a la que se ve sometida a la hora del impacto, tanto las fuerzas estáticas con las dinámicas que llegan a provocar pesos de carga, aceleraciones y desaceleraciones.

Un impacto está formado por tres tipos de colisiones. La primera es la colisión primaria y es la que tiene lugar en el vehículo y el objeto contra el que se impacta. La segunda es la que sufren los ocupantes contra el interior del vehículo y la tercera es la existente entre los órganos vitales y las paredes internas.

Anteriormente de producirse el choque primario, el automóvil posee una energía cinética que depende de su velocidad (v) y su masa (m), y viene dada por la expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} m * v^2$$

Para que el vehículo se detenga por completo es necesario disipar esta energía, y este fenómeno se produce debido a la deformación.

En el caso de un ensayo de choque frontal, el vehículo colisiona contra una barrera indeformable, la cual no absorberá nada de energía y esta deberá ser disipada completamente por el vehículo. Esta energía disipada se cuantifica mediante la fórmula:

$$E_{disipada} = F * d$$

Donde F es la fuerza medida en Newton (N) que se ejerce sobre el vehículo, y d es la distancia en metros (m) que se ha deformado en la parte frontal.

Por tanto, es de suma importancia que la carrocería del vehículo sea capaz de absorber una gran cantidad de energía, ya que cuanto mayor sea ésta, menor será la deceleración que sufrirán los ocupantes. En otras palabras, cuanto mayor sea la energía disipada en la colisión primaria, será la energía remanente en la colisión secundaria.

Sin embargo, una carrocería no puede ser diseñada para deformarse completamente, Es necesario tener en cuenta que los ocupantes viajan dentro del vehículo, y que por tanto existe un espacio, denominado habitáculo de seguridad, el cual no debe deformarse. Por este motivo los vehículos se diseñan con zonas de absorción de impacto en las partes delanteras y posteriores, tratando de mantener siempre intacto el habitáculo de seguridad.

La Estructura en una Colisión

En una colisión del vehículo podemos tener varios aspectos que se debe tener en cuenta, ya que el comportamiento de la carrocería no siempre es el mismo por lo que el riesgo para los ocupantes siempre variara. En la colisión frontal tenemos dos tipos: una colisión completamente

frontal en la que el auto choca con el objeto y otra que es una colisión descentrada que es cuando el auto no da de lleno con el centro no tiene mayor proporción a un lado del vehículo.

En una colisión que es completamente frontal llega a ser menor la alteración de la estructura ya que al ser en todo el frente, todos los elementos diseñados para aguantar la energía que provoca de dispersa por igual en todo el componente. Pero esto no quiere decir que los ocupantes no se vean expuestos a estas energías ya que podrían verse afectados de lesiones ya que están expuestos a grandes deceleraciones. (motorpasion, 2017)

En cambio, cuando la colisión descentrada es todo lo contrario de la frontal ya que en un solo punto es en donde se está concentrando la fuerza de impacto y los elementos no absorben esta energía así sufriendo mayor deformación ya que en los otros puntos de impacto no reciben dichas fuerzas a las que están siendo sometidas. Para que esta energía se reparta de una manera proporcional y similar en todo el componente se emplean elementos que sean capaces de repartir dicha energía y así evitando que estos llegues de una manera directa a los ocupantes. (motorpasion, 2017)

Pero diseñando estos elementos que son capaces de repartir estas energías no garantizan que puedan llegar a sobrepasar a la carrocería en este tipo de choque descentrado llegando a partes importantes como columna de dirección, techos, largueros, y los pedales por ello se debe buscar la manera de evitar que lleguen a estos puntos.

Ensayos de Choque

Gracias al desarrollo de la tecnología hoy en día con ordenadores muchos más rápidos y avanzados ha sido posible poner en práctica unas modernas técnicas de ingeniería para poder realizar grandes avances en la seguridad pasiva de un auto. Con estos ordenadores veloces los

programas de elementos finitos se han visto más sencillo el poder experimentar en simulaciones de choque en la cual los resultados obtenidos han llegado a dar un alto grado de confianza.

Pero sabiendo que las simulaciones son muy efectivas no hay algo más seguro que las pruebas reales para poder verificar los datos de elementos previamente estudiados en un ordenador son 100% eficaces en los autos. Sin embargo, si siempre se podrá replicar accidentes que se da en la vida real ya que las circunstancias en la que se dan son diferentes y no todas son iguales, con el desarrollo de la tecnología cada día se ve que se pueden provocar accidentes más parecidos a los que acurren en la vida real.

Algunos fabricantes de automóviles han realizado pruebas de choque durante décadas en la etapa final de la fase de diseño de nuevos modelos y por el responsable de la colisión, ya que cada vehículo debe pasar los requisitos de seguridad. De una colisión frontal. Sin embargo, solo recientemente los usuarios tienen acceso a los resultados de estas pruebas de choque, gracias al uso generalizado de un conjunto particular de pruebas realizadas por varias organizaciones. Estas pruebas de choque muestran que no todos los vehículos nuevos se comportan igual durante una prueba de choque. Esto significa que algunos vehículos tienen un margen de seguridad más amplio que otros, incluso si cumplen todos los requisitos mínimos de reglas similares.

Entidades que los Realizan

Dicho entidades que realizan este tipo de estudios son por un número limitado ya que cada una de estas lo realizan con diferentes fines y por esto este tipo de pruebas son diferentes, aunque en el fondo lo que buscan es poner en prueba las seguridades pasivas que se van integrando a sus vehículos.

Las pruebas crash-test la realizan principalmente tres organismos:

Fabricantes

Para los fabricantes es importante estos ensayos ya que no solo de estos resultados dependerían varios factores, en Europa es muy común ver normas muy estrictas en lo que es seguridad pasiva lo que obliga a los fabricantes a cumplir con los ensayos si no de otra manera no superarían los requerimientos para su homologación y luego su comercialización, en el diseño del vehículo este pasa por varias etapas antes de su construcción, las herramientas informáticas son las más importantes ya que con esto se puede realizar simulaciones con las cuales se puede obtener un resultado positivo o negativo en distintos tipos de colisiones. Luego de que sean positivas las simulaciones se pasa a pruebas con vehículos reales para poder verificar las pruebas realizadas en un ordenador.

Organismos de homologación

Es muy común ver artículos de vehículos que recién salen al mercado en donde este test de pruebas que se han realizado, con el fin de verificar el cumplimiento de las normativas vigentes, emisiones, compatibilidad electromagnética, equipos básicos y lo más importantes la seguridad.

Lo que se podría es que estos organismos buscan verificar la seguridad, tanto en seguridad activa realizando pruebas de conducción en ensayos de pista y la seguridad pasiva que se verifica en pruebas de laboratorio para ser más precisos, las pruebas de impacto.

Las pruebas de validación para homologación suelen ser realizadas por algunos centros especiales especializados en estas tareas. Las pruebas de colisión se realizan de acuerdo con las normas que cada país ha definido para homologar los vehículos que circulan por la carretera. En Europa, existe un reglamento único que se aplica a todos los países de la Unión Europea. Países como Estados Unidos, Canadá, Japón y Australia utilizan el mismo tipo de prueba de choque, pero puede haber diferencias en las configuraciones probadas y posteriores.

Organizaciones NCAP

Los consorcios NCAP (New Car Assessment Programme) o Programas de Valoración de Automóviles Nuevos, son agrupaciones que se forman por distintas entidades cuyo objetivo es evaluar la seguridad de los automóviles nuevos que salen al mercado.

La funcionalidad de la NCAP ha sido la de facilitar el acceso a información sobre la seguridad pasiva que sufren los vehículos en un accidente de manera pública. Este consorcio tiene en sus filas a asociaciones europeas que representan a más de 150 millones de consumidores. La NCAP inicia actividades en el año 1997 con el apoyo de algunos gobiernos europeos como Inglaterra, o, la administración de carreteras de Suecia, Holanda, Francia y Alemania.

El NCAP ofrece información independiente sobre la ya brindada por sus fabricantes. Una vez lanzado el vehículo al mercado, el NCAP realiza una serie de pruebas, sobre impacto frontal, impacto lateral, así como una de protección de peatones. Para la realización de estas pruebas, se generan grupos de vehículos por segmentos; con esto, los mismos pasan a ser calificados con un mecanismo de estrellas, en una escala de 1 a 5 estrellas, acorde al grado de seguridad que el vehículo oferta a sus compradores dentro del mercado, así como, de forma indirecta a los peatones.

Pese a lo mencionado anteriormente, el programa es criticado, pues, su mecanismo de comparación solo se puede realizar entre vehículos del mismo peso, ya que, esta variable es importante en los resultados de las pruebas.

En el área de “impacto frontal” se encuentran diferencias entre los ensayos que realizan los fabricantes de los vehículos y los que realiza la NCAP, pues los ensayos de la NCAP son más exigentes. Dentro de esta prueba aparte de realizarlas de la misma manera que las obligatorias para pasar el test de homologación, la NCAP realiza una prueba adicional a una mayor velocidad, siendo ésta de 64 km/h.

La prueba de impacto lateral, al igual que la prueba de impacto frontal se realiza en primer lugar de la forma necesaria para garantizar la obtención de la homologación requerida para poder ser lanzada al mercado.

El trabajo que realiza la NCAP debe ser resaltado, pues los mismos buscan garantizar la seguridad de los compradores de vehículos, así como de los peatones, de esta forma, los fabricantes no solo realizan sus vehículos con la seguridad pertinente para la generación de los permisos para su venta, sino que, también se aseguran de cumplir los parámetros impuestos por la NCAP, haciendo de estos, vehículos cada vez más seguros.

Antes de la llegada de la NCAP, los fabricantes carecían de una motivación adicional sobre la seguridad de su vehículo, pues buscaban cumplir con los estándares mínimos para su lanzamiento al mercado. Sin embargo y gracias al mecanismo de homologación ofertado por la NCAP, los fabricantes desean ubicarse en los mejores lugares de la lista pública que lanza la organización, la misma que, de forma indirecta también fortalece sus empresas y mejora los números de sus ventas dentro del mercado, ya que, dentro de los anuncios publicitarios de los vehículos, se utiliza la puntuación obtenida en los ensayos de la NCAP.

Tipos de Pruebas de Choque

Es un hecho evidente que, existen muchos tipos de accidentes provocados por distintas variables: velocidad, el estado del automóvil, el objeto con el que colisiona el vehículo, el peso de este, el estado del objeto de colisión (sea éste: móvil, fijo, etc.), el nivel de seguridad, etc.

La complejidad dentro de este tipo de pruebas es notoria, por lo que, el nivel de seguridad del vehículo debe establecerse mediante la generación de distintas pruebas de choque, así como, por la repetición de estas. Por estas razones, los fabricantes necesitan utilizar más de 40 tipos de pruebas, además de, repetir las mismas en distintas fases de desarrollo del modelo.

El análisis de datos estadísticos es crucial en este tipo de evaluaciones, pues, para diseñar las mismas es necesario basarse en los valores numéricos que otorgan los tipos de colisiones más frecuentes, de esta manera, se intenta garantizar de cierta forma el cumplimiento de los vehículos a los accidentes más comunes de los vehículos fabricados.

La variedad existente en cuanto al número de ensayos homologados por la reglamentación europea, la mayoría consisten en el análisis exhaustivo de los aspectos biomecánicos y de estructura que dan como resultado de la aplicación de los test. Las pruebas buscan:

- En el impacto frontal se busca mejorar el refuerzo de la estructura portante y del sistema de retención ya que se encontrarán a deceleraciones bruscas los ocupantes.
- En el impacto lateral se busca impedir la intromisión en el habitáculo y se quiere lograr la forma mejor de distanciar de la zona de impacto al ocupante. Esto se da ya que, para este tipo de impactos, la distancia entre los pasajeros y los componentes estructurales del automóvil es muy reducido.
- Se estudió el comportamiento de los reposacabezas, sus depósitos de combustible y sus tuberías en colisiones por alcance. Estos están destinados a prevenir lesiones en el cuello que son comunes cuando el cuello de los ocupantes golpea los reposacabezas
- La finalidad en caso de vuelco es limitar o evitar la deformación de la cabina por aplastamiento. La pérdida de espacio vertical en la cabeza debido a la intrusión del techo a menudo causa un trauma en la médula espinal del ocupante.

Impacto Frontal

El paso del tiempo ha hecho que, las estructuras de los vehículos sean cada vez más resistentes y rígidas. Con esto, el número de lesiones en la cabeza o la parte baja de las piernas ha disminuido significativamente, pues, la probabilidad de que el compartimiento de los

acompañantes se contraiga, es inferior. A su vez, es importante considerar que, una mayor rigidez en la estructura hará que la desaceleración del compartimiento sea mayor; esto debe abordarse junto con los sistemas de sujeción de los asientos delanteros y traseros durante la colisión. Las desaceleraciones son capaces de generar lesiones en el área del tórax a los ocupantes.

La NCAP realiza una serie de pruebas a los vehículos contra una barrera rígida, con una superposición total y a su vez, genera una velocidad en el vehículo de 50 km/h. Para la realización de esta prueba, se coloca en el asiento del conductor a un *dummie* de una mujer, al igual que, en el asiento lateral trasero de los pasajeros.

Evidentemente la prueba en cuestión exige la máxima respuesta del sistema de sujeción de los asientos delanteros, así como, de los asientos traseros del vehículo. Las limitaciones son colocadas de manera estricta en las desaceleraciones del tórax y en el grado de desviación de este, por lo que, a su vez, esto anima a los fabricantes a instalar mejores sistemas de sujeción, los mismos que deben ser más sofisticados. Para finalizar, se complementa esta prueba con la colocación de un *dummie*_masculino a una velocidad de 64 km/h para garantizar un equilibrio entre el sistema de retención, haciendo que sea lo suficientemente rígido y lo suficientemente suave como para no elevar demasiado las fuerzas de desaceleración sobre la mujer pequeña del ejemplo anterior.

Si los ocupantes del auto no utilizan el cinturón de seguridad, este tipo de colisión ocasiona un desplazamiento delantero del automóvil, haciendo que, los mismos sean impulsados hacia delante; los ocupantes seguirán con el trayecto definido hasta golpear un obstáculo que frene el desplazamiento, como el cristal del vehículo, o peor aún, saldrán disparados hacia el exterior del auto, dependiendo la fuerza del impacto, en caso del conductor, el desplazamiento sigue de las siguientes formas:

1. El deslizamiento abajo y debajo (se lo conoce también como inmersión) en el que se llega a producir un choque inicial entre el salpicadero y las rodillas, en el cual se pueden producir:

- Fractura de rótula
- Fracturas a uno o más niveles del fémur.
- Fractura de luxación posterior de cadera.
- La lesión en el o los pies llegan a suscitarse ya que quedan atrapados entre los pedales los pies y tobillos, con esto se produce:

- Fractura de metatarso
- Fractura de maleolares.

Así, en este movimiento se produce un impacto inicial de los miembros inferiores en el salpicadero, y tras unos milisegundos, en el caso del conductor, el pecho golpea el volante. Este segundo componente hace girar el fuselaje hacia adelante, hacia el volante o los pilares del tablero.

2. En el deslizamiento tipo arriba y encima, la dirección en la que sale el cuerpo es hacia arriba y oblicua. La cabeza se comporta como un proyectil que impacta el cráneo con los vidrios del vehículo.

Impacto Lateral

Es necesario añadir que, los impactos laterales son la segunda causa de muerte y lesiones graves en los accidentes vehiculares. A diferencia del impacto frontal, el área lateral no posee un gran espacio como para absorber el golpe, por lo que, evidentemente las lesiones graves en la cabeza y tórax son más que comunes.

Frente a esto la NCAP, monta un test con una barrera deformable en el auto e impulsa la misma a 50 km/h hasta impactar el vehículo de prueba que se encuentra detenido en un ángulo recto. En la parte lateral es colocado un *dummie* representando a un hombre de estatura mediana

en el asiento del conductor, y a varios maniqués de niños en las sillas de retención infantil en los asientos traseros.

Los resultados que presenta la prueba ayudan a garantizar una protección adecuada de las zonas más importantes del cuerpo de los ocupantes; esto ha ayudado en gran manera a aumentar el interés por reforzar las estructuras de los vehículos alrededor del pilar B (entre las puertas), así como, instalar airbags de cortina o de impacto lateral en los autos, así como, desarrolla estructuras que sean capaces de absorber la energía de la colisión.

El impacto lateral se define como el choque contra el costado del automóvil y que aleja del punto de impacto al pasajero.

La mayoría de las colisiones de impacto lateral se observan entre 70° y 115° , con un punto de choque típico directamente en frente del ocupante delantero y el vehículo hacia adelante en un ángulo de 65° . A la misma velocidad del choque que el vehículo accidentado, las lesiones son más graves que en un choque frontal porque el cuerpo del conductor está más cerca del vehículo accidentado o de la estructura interna del vehículo. Las lesiones están relacionadas con el impacto lateral, la posición del pasajero y la fuerza de la colisión.

Las lesiones más habituales son:

- Fracturas costales en el hemitórax
- Fractura de pelvis
- Lesión en la cabeza
- Rotura hepática
- Rotura esplénica

Impacto Lateral de Poste

En algunas colisiones de lado a lado, el vehículo debe ir de lado hacia un objeto duro como el tocón de un árbol. Por lo general, es causado por la falta de control de la velocidad del conductor, las curvas confusas o el patinaje en carreteras con hielo. Estos accidentes son muy graves y la frecuencia de muerte o lesiones graves es muy alta.

Durante la prueba EuroNCAP, el coche fue lanzado lateralmente a 32 km / h hacia un eje rígido y estrecho. Los vehículos se colocan perpendiculares a la dirección de la marcha o en un ligero ángulo a la perpendicular, como ha sido el caso desde 2015. Un maniquí macho de fuerza moderada se coloca en el asiento del conductor.

Esta es una prueba muy rigurosa para determinar la capacidad de proteger la parte delantera del vehículo. Las cargas del vehículo están muy localizadas, la deformación puede ser muy importante y los pilares pueden penetrar profundamente en la cabina. Sin una protección eficaz, el árbol podría golpearle la cabeza y causarle lesiones graves.

Marco Metodológico

Elección del Vehículo Para Diseñar

Vehículo tipo Hatchback

Es un vehículo que tiene una puerta grande en la parte posterior que se abre hacia arriba para poder acceder al maletero. Mientras que muchos otros modelos de autos también usan este tipo de puerta, un hatchback se considera tradicionalmente como un automóvil pequeño con un techo que se curva hacia abajo en la parte trasera. Su puerta adicional en la parte posterior permite tener más espacio de almacenamiento. Es por ello que a los hatchbacks se les conoce comúnmente como automóviles de cinco puertas.

Además, se comercializan principalmente como vehículos versátiles: tienen mayor capacidad de almacenamiento que un auto estándar; representan un mejor manejo y consumo de combustible (costos más bajo) que otros tipos de vehículos.

Desde el inicio de las emergencias sanitarias, el sector de la automoción se ha recuperado en términos de ventas de coches. Por esto partimos de estudios en la cual nos da la marca y modelo más vendida. Según El Universo (2020), 88.523 automóviles se lograron vender en Ecuador entre los meses de enero y agosto del año 2019, mientras que en los mismos meses del año 2020 se vendieron hasta 48.438 automotores lo que marca un claro decrecimiento del 45%.

Continuando con información referente al año 2020, en el mes de abril se vendieron 761 vehículos, siendo 2.861 automotores comercializados para mayo, hasta junio ya incrementó el número hasta 6.000, a pesar del crecimiento, los números se mantuvieron lejos de años anteriores cuando se pudo vender más de 10.000 vehículos (Beltrán y Escobar, 2021).

Los modelos más vendidos en nuestro país para el año 2020 son:

Tabla 1.

Modelos más vendidos en nuestro país en el año 2020

MODELO DE AUTOMÓVIL	CANTIDAD QUE SE VENDIERON
Kia Sportage	3065
Kia Picanto	1987
Kia Rio	1783
Chevrolet D-max	1783
Chevrolet Beat	1774
Great Wall Wingle	1560
Chevrolet Spark	1418
Chevrolet Captiva	1359
Chevrolet Sail	1042
Jac Serie HFC1037	964

Fuente: (Beltrán y Escobar, 2021)

La revista EKOS (2020) presenta información relevante respecto a la presencia de marcas de automotores en el Ecuador. Reflejando que Chevrolet se sostiene como la marca líder del mercado. Vendió para 2019 una cantidad de 45.605 unidades, representando así el 33% de la participación, siendo un porcentaje menor a lo que la marca acostumbra, pero de igual manera imponente frente a la mayor competencia por parte de marcas de origen asiático.

Se mantienen también en el mismo orden las posiciones 2, 3, 4 y 5 de la lista. Kia, Hyundai, Great Wall y Toyota. Kia se sostiene como la punta de lanza del segmento SUV o vehículos

deportivos utilitarios, llamados también 4x4, gracias a sus Sportage, que se ensamblan en la planta con la que cuentan y se ubica en Aymesa.

Creta y Tucson son los modelos de Hyundai; Great Wall, de la mano de su M4 y, Toyota gracias a su New Fortuner, sostienen la categoría SUV, que había vendido 45.000 vehículos en 2018. Aun así, la categoría de sedanes es todavía la de mayor porcentaje en cuanto a ventas totales con un 43% de mercado, dejando en segundo lugar a las SUV con 34% de participación (Vera, 2020).

En cuando a la categoría Sedan, son los autos Chevrolet aquellos que se venden más, presentando los modelos Nuevo Sail, Spark GT y Aveo Family, vendiendo hasta 20.000 unidades de esos tres modelos juntos. Seguidos de cerca por los modelos Picanto y Río de Kia que llegaron a 10.000 unidades vendidas.

Después de las categorías Sedan y SUV, la tercera más vendida es la de camionetas en la que destaca el modelo D-Max de la marca Chevrolet, se debe resaltar que ha sido el vehículo más vendido en la provincia del Azuay durante el año 2019; la lista de camionetas más vendidas se completa con la marca Great Wall y el modelo Wingle, Toyota con su modelo New Hilux y por último la F-150 de Ford.

Fueron 15 las marcas que entraron a formar parte del mercado ecuatoriano en el año 2018, la mayoría de ellas (11) originarias de China, para el año 2020 ya fueron 3 las marcas chinas que se encontraron entre las 10 más vendidas del país. Sosteniendo así el crecimiento y penetración de las marcas de ese país con crecimientos relativos de más del 100% anual (El Universo, 2020).

La presente investigación se basa en autos calificados según la normativa ecuatoriana como tipo M1; un vehículo M1 es aquel automotor de 4 neumáticos o más, diseñado y construido con

el fin de transportar personas y vehículos de ocho plazas o menos, con excepción del asiento donde va sentado la persona que conduce el vehículo.

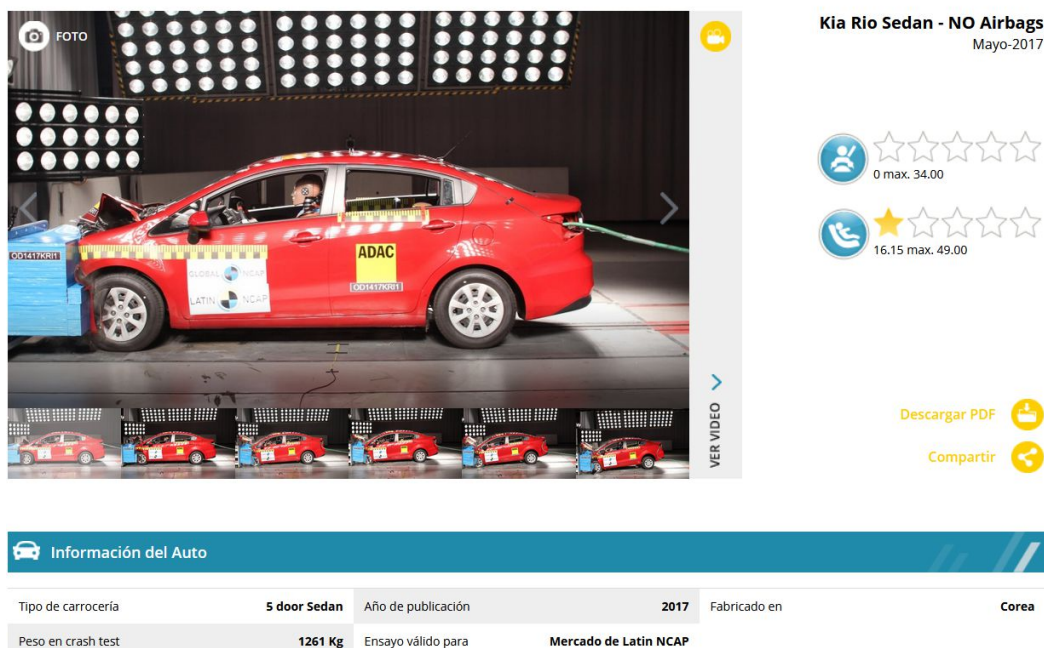
Como se puede apreciar, Kia es la marca más vendida en nuestro país, por ello es la marca elegida para las siguientes etapas de este proyecto. Revisando lo que son las páginas oficiales del LatinNCAP Y EuroNCAP vamos a ver de qué vehículos se han realizado pruebas de impacto para así evitar redundancias respecto a los modelos ya estudiados.

Comparación entre las Entidades que Realizan los Ensayos

Como podemos apreciar en las páginas ya mencionadas encontramos pruebas realizadas para el Kia RIO en la LatinNCAP tipo Sedan, pero sin lo que son airbags y otra que tiene un airbag el copiloto, en la cual realizan ensayos de impacto frontal, pero no tienen ensayos de impacto lateral el cual nosotros vamos a realizar.

Figura 1.

Impacto Frontal de Kia Rio Sedan



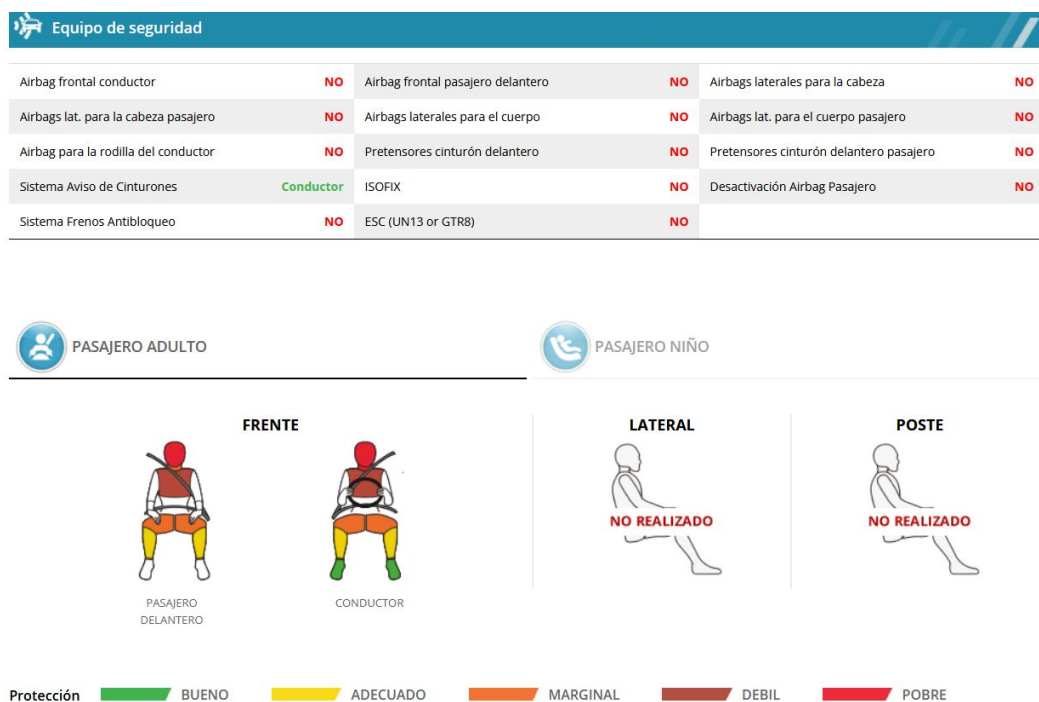
Información del Auto			
Tipo de carrocería	5 door Sedan	Año de publicación	2017
Peso en crash test	1261 Kg	Ensayo válido para	Mercado de Latin NCAP
		Fabricado en	Corea

Fuente: (NCAP L. , 2017)

Como podemos ver en este modelo la calificación es muy mala y podemos ver los accesorios de seguridad con la que cuenta este vehículo.

Figura 2.

Equipo de seguridad de Kia Rio Sedan

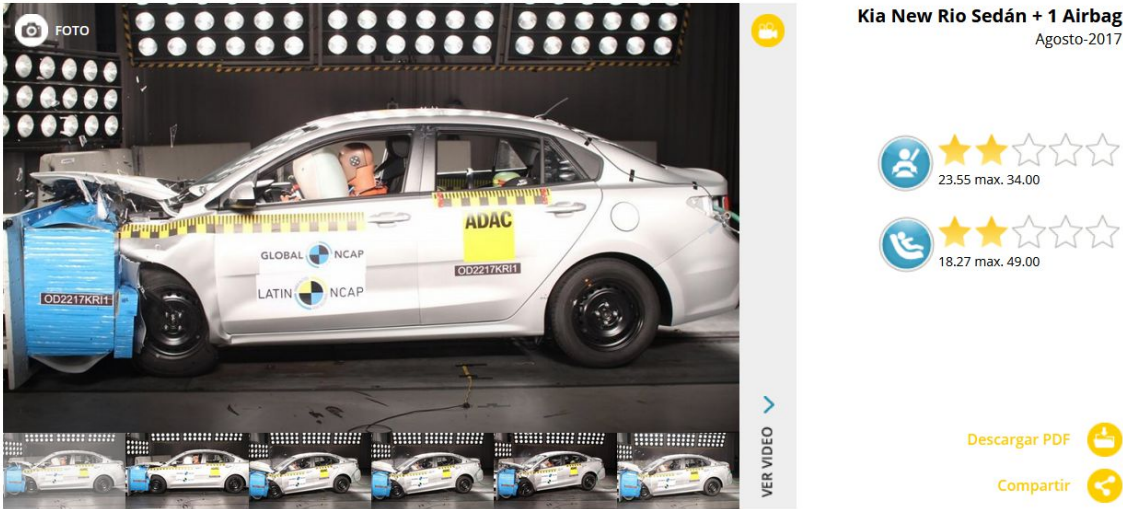


Fuente: (NCAP L. , 2017)

Estos ensayos son realizados en el año 2017 el cual podríamos decir que no contiene información actualizada del presente año, aquí tenemos otra prueba la cual comente que tenía en esta prueba un airbag el lado del copiloto en la cual visualizamos tener una mejor calificación, en esta prueba podemos ver que ya se realiza una prueba de choque lateral.

Figura 3.

Impacto Frontal de Kia Rio Sedan con un Airbag



Kia New Rio Sedán + 1 Airbag
Agosto-2017

23.55 max. 34.00

18.27 max. 49.00

Descargar PDF

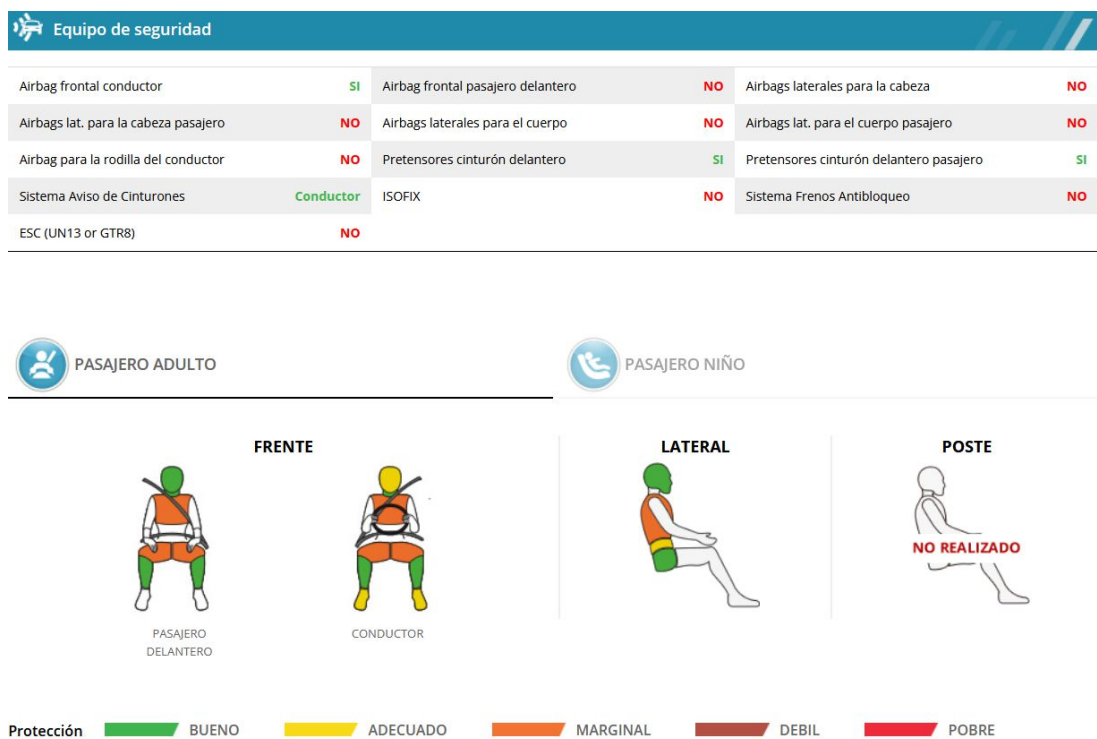
Compartir

Información del Auto

Tipo de carrocería	4 door sedan	Año de publicación	2017	Fabricado en	México
Peso en crash test	1318 kg	Ensayo válido para	Mercado de Latin NCAP		

Fuente: (NCAP L. , 2017)

Luego de los ensayos realizados podemos ver como este modelo tiene una mejor calificación para los dos ensayos en comparación con el anterior.

Figura 4.*Equipo de Seguridad de Kia Rio Sedan con un Airbag*

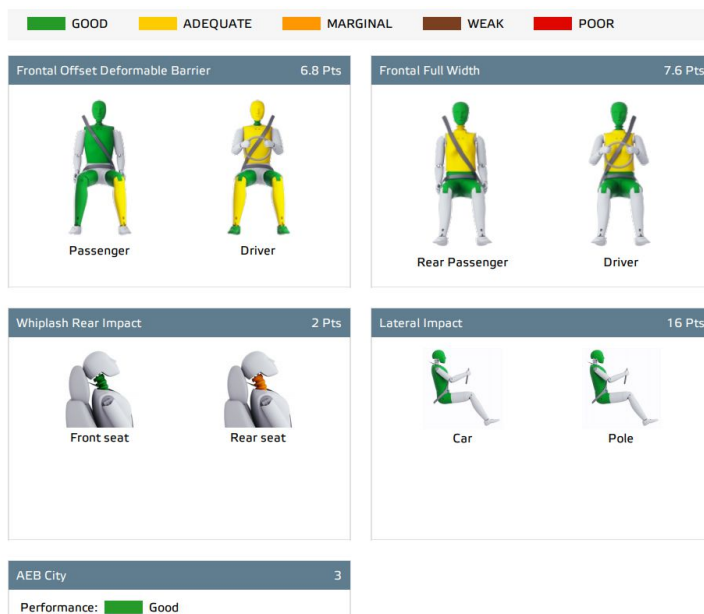
Fuente: (NCAP L. , 2017)

Ahora, cambiando a la EuroNCAP vamos a ver como hay varios modelos, pero diferentes años del modelo escogido para nuestro diseño. Igual que de la LatinNCAP, en donde se realiza pruebas del año 2017.

Figura 5.*Estándares de Seguridad de Kia Rio Familiar Pequeño*

Fuente: (NCAP E. , 2017)

Estos vehículos, como podemos ver tienen calificación de 5 estrellas ya que en Europa tienen otro tipo de normar que aplican para los vehículos. Por eso tienen una buena calificación

Figura 6.*Test de Resultados del Kia Rio Familiar Pequeño*

Fuente: (NCAP E. , 2017)

Como hemos apreciado en la EuroNCAP podemos ver que del Kia Rio si hay pruebas realizadas de un auto tipo hatchback, pero como ya se explicó antes, tiene otro tipo de normativas que son más rigurosas y por ello nosotros haremos las pruebas en este modelo con la materia prima existente en Ecuador para ver qué resultados se obtiene.

Diseño del Vehículo Tipo Hatchback M1 en SolidWorks

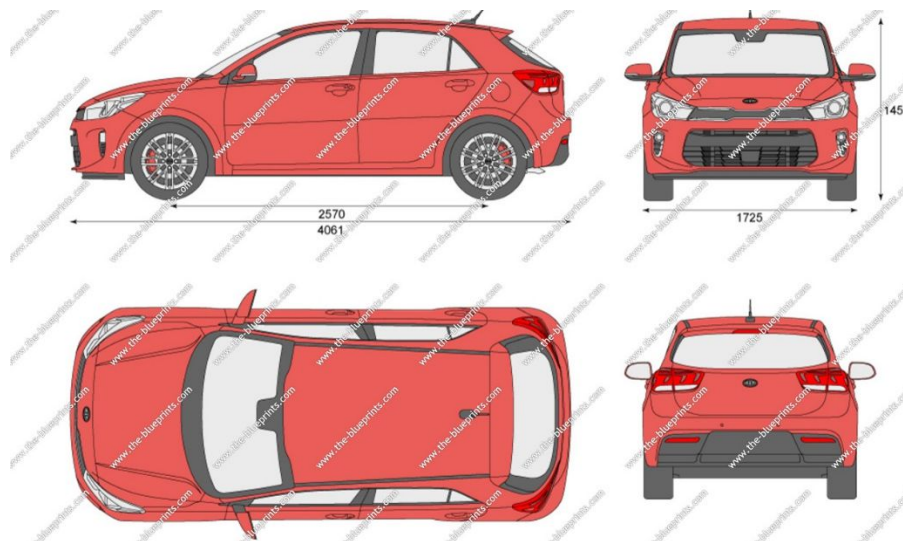
El diseño del vehículo tanto la parte de la carrocería como de los bastidores es un modelo base en el cual se podrán realizar las respectivas simulaciones una vez concluido el diseño.

Diseño de carrocería

Para la parte del diseño de la carrocería del vehículo, se basó en planos técnicos, en donde se muestra las vistas: lateral, planta y alzado como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 7.

Planos del Vehículo Tipo Hatchback



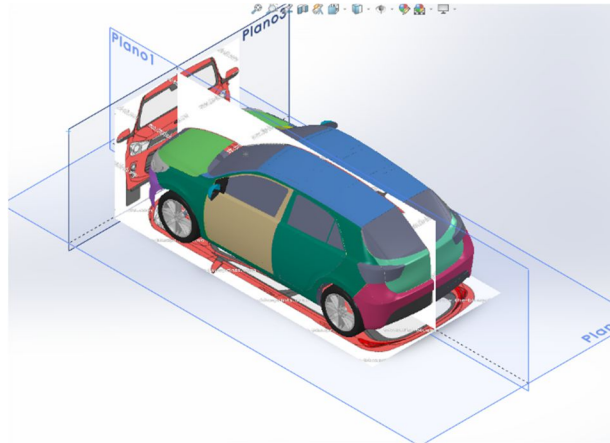
Fuente: (GRAPHICS, 2017)

Una vez iniciado el programa de diseño SOLIDWORKS, en primer lugar, se recorta cada vista del vehículo y se la inserta en cada plano correspondiente del programa SOLIDWORKS, con las medidas principales que son la distancia entre ejes, largo, ancho y alto del vehículo, se procede

colocarlo en escala real y mediante las diversas herramientas del programa se le da la forma al diseño del vehículo.

Figura 8.

Diseño de la Carrocería Terminada



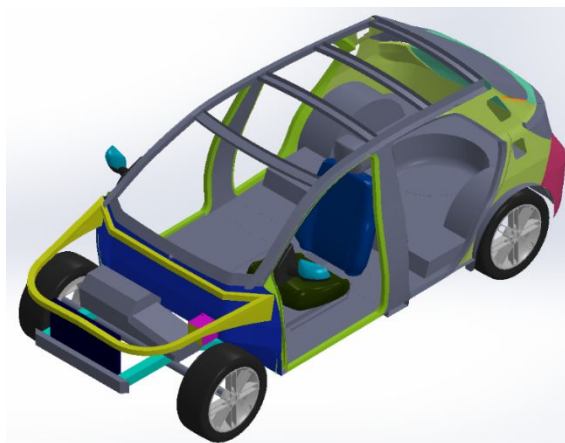
Fuente: Autores

Diseño de Bastidores, Compartimiento del Motor y Habitáculo

Para el diseño de los bastidores y compartimiento del motor se sigue la misma metodología con la que se diseñó la carrocería del vehículo.

Figura 9.

Diseño de los Componentes del Compartimiento del Motor

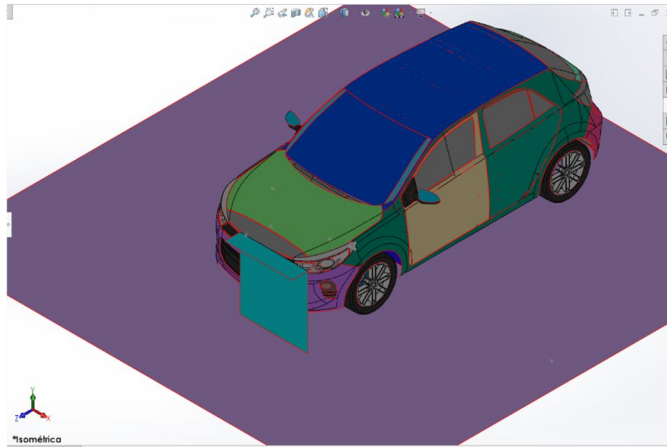


Fuente: Autores

Finalmente se diseña el piso y la pared en donde se realiza el impacto frontal del vehículo, el automóvil debe tapar el perfil de la pared y tiene que sobrepasarla en un 40 %.

Figura 10.

Diseño de Piso y Pared



Fuente: Autores

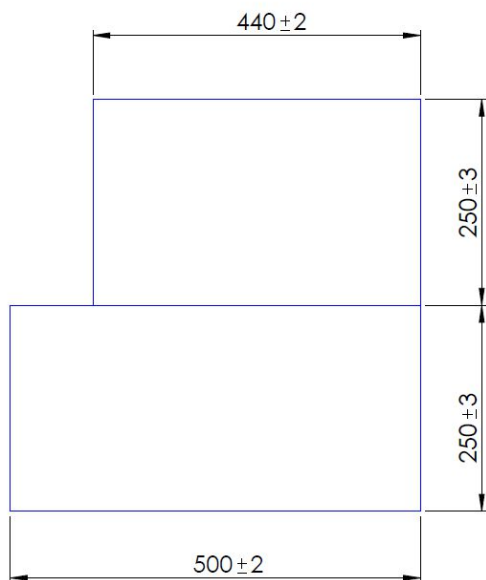
Diseño de Impactador Móvil

Las características principales tanto para el carro como para el impactador deformable se establecen en el reglamento 95 de la CEPE, las cuales se detallan a continuación:

- Dimensiones del carro
- El ancho de vía delantero y trasero será de 1500 mm
- La batalla deberá ser de 3000 mm
- Dimensiones del impactador
- Ancho de 1500 mm.
- La elevación del objeto que se va a impactar sobre la superficie será de 300 mm.

Figura 11.

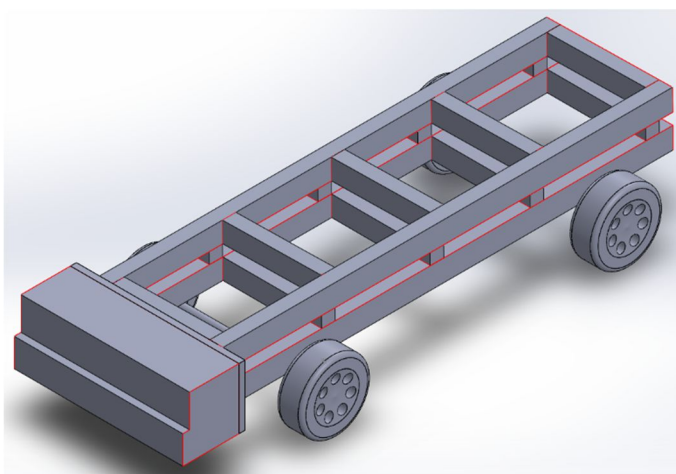
Dimensiones del Impactador



Fuente: (INEN, INEN, 2013)

Figura 12.

Diseño del Impactador Móvil



Fuente: Autores

Método de Elementos Finitos

El método de elementos finitos (MEF), es un método numérico que se caracteriza en que, divide una pieza con geometría compleja en elementos pequeños con geometrías básicas. Sin embargo, este método no muestra la solución exacta a un problema dado, sino más bien, se obtiene una solución aproximada con la que es suficiente para la resolución de un problema práctico.

(Juárez, 2012)

Impacto Frontal

Preprocesamiento CAE

El software CAE se caracteriza por ser una moderna herramienta multifísica de preprocesamiento, la cual brinda su total funcionalidad en todo lo necesario para crear un modelo completo, desde archivos CAD hasta archivos ya realizados preparados para ejecutar. (ANSA, 2021)

Calidad de Mallado

Figura 13.

Espectro de Calidad de Mallado



Fuente: (Sherrard, 2020)

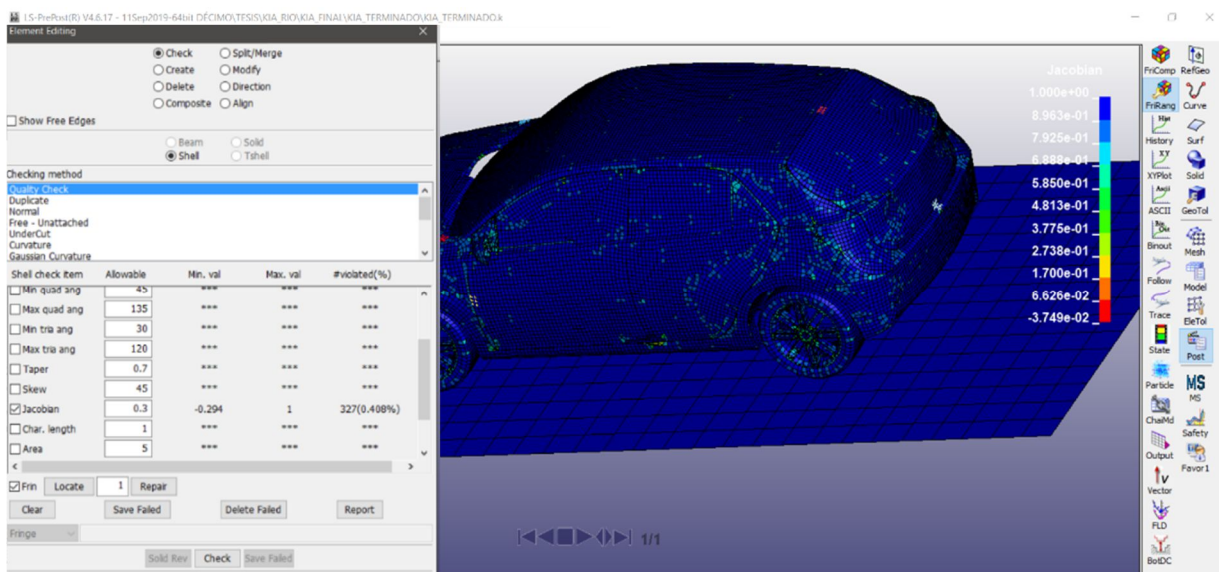
El jacobiano muestra la manera en que se encuentran deformados los elementos en lugares que posean curvas donde tienen que adaptarse a geometrías complicadas (AraWorks, 2021).

Para el diseño se utiliza un valor Jacobiano de 0.3, el cual representa una calidad de malla buena y es óptimo para la simulación. Sin embargo, la cantidad de partes de malla que sean

consideradas inaceptables o malas por el programa, se las elimina ya que no representan ni el 1 % de todo el mallado del diseño.

Figura 14.

Jacobiano del Diseño



Fuente: Autores

Material

Para definir el material se realiza primero la curva de tensión – deformación, para esto, el esfuerzo debe ir en el eje de las abscisas y le deformación unitaria en el eje de las ordenadas. Estos datos se los obtiene de la normativa NTE INEN 114, en la cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Propiedades Mecánicas en el Ensayo correspondiente a Tracción

REQUISITO	UNIDAD	GRADO DEL ACERO			
		A 34	A 37	A 42	A 50
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	MPA	333.426	362.846	411.879	490.332

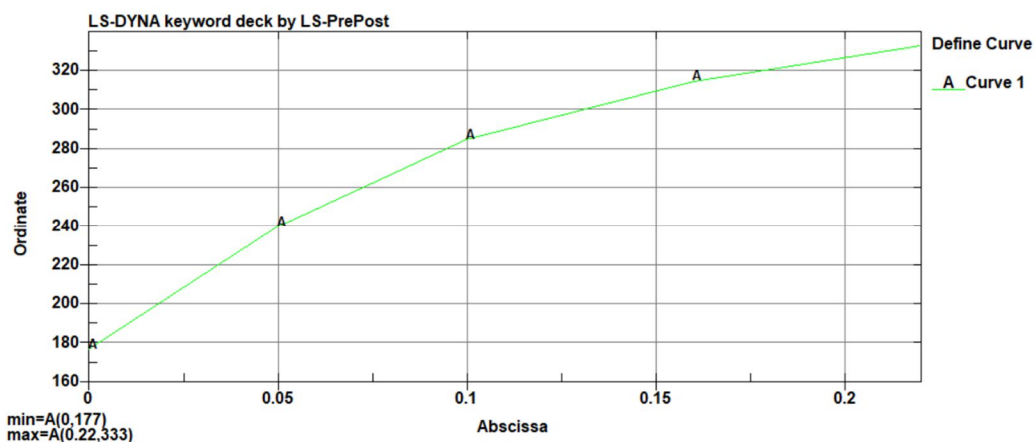
LIMITE DE FLUENCIA	MPA	176.52	196.133	235.36	294.199
ALARGAMIENTO PORCENTUAL SEGÚN ESPESOR EN mm					
1,5<e≤3		22%	20%	16%	15%
3<e≤5		24%	22%	18%	17%

Fuente: (INEN, INEN, 2013)

Se genera una curva para cada material descrito en la tabla anterior, con la finalidad de ir variando las propiedades mecánicas de los materiales, analizando su comportamiento en cada simulación.

Figura 15.

Gráfico de Esfuerzo (MPa) vs Deformación (mm/mm)



Fuente: Autores

Restricciones

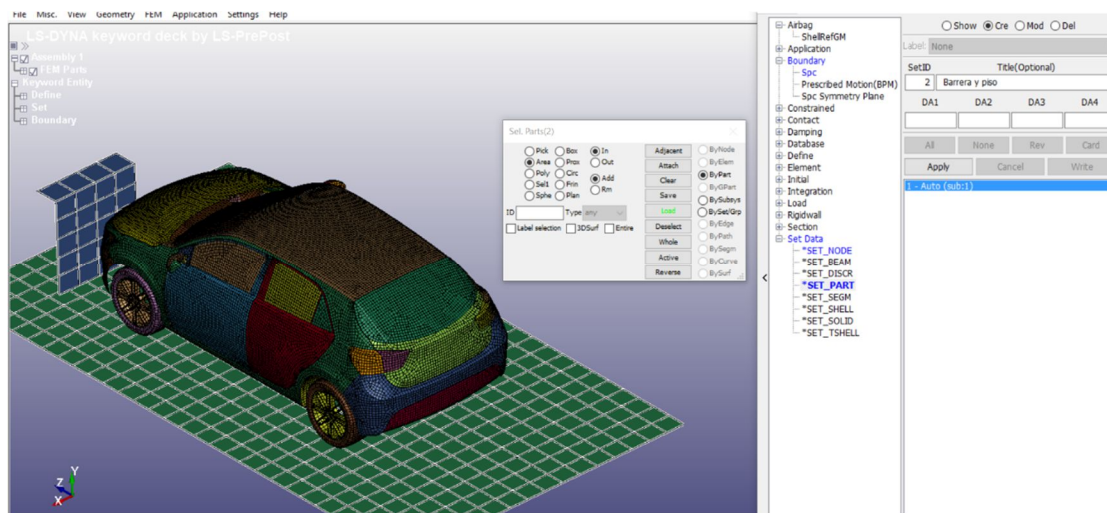
En respecto a los “constrained” dicho conjunto de entidades admite limitar los grados de libertad en nodos para objetos rígidos y articulados.

NODAL_RIGID_BODY, es considerado el nodo central, al ser el primer nodo en el cual se asignan los 6 grados de libertad independientes, permiten que los g.d.l de los nodos adyacentes dependientes se restrinjan

Mediante la carta de control de BOUNDARY_SPC o restricción de un solo punto, se restringe el movimiento en cualquier dirección de cada nodo que conforma la pared y el piso durante la simulación del vehículo en el impacto frontal.

Figura 16.

Carta de Control BOUNDARY_SPC



Fuente: Autores

Contactos

El tratamiento de los contactos interviene de manera integral en muchos problemas de gran deformación. El modelo realizado para las interfaces debe ser exacto ya que la generación de

contactos entre elementos es decisivo para predecir la simulación de los elementos finitos. (LSTC, 2018)

Para el caso de analizar los choques, la deformación que tenga puede ser demasiado grande y la estipulación de dónde y cómo se va a producir el contacto puede ser muy complejo. Por esta razón, es recomendable las opciones de contacto automático ya que dicho contacto no tiene una orientación definida, lo que representa que puede detectar la penetración que proceda de cualquier lado de un elemento de carcasa. (Support, 2021)

Velocidad de Impacto

Según el reglamento 95 de la CEPE, la velocidad para impacto frontal es de 56 km/h y debe estar alineado el automóvil con respecto al muro, el automóvil debe tapar el perfil del muro sobrepasándolo en un 40 %

Hourglass

Hourglass ayuda a que no exista un descontrol de las energías en el instante de suscitarse un impacto, ya sea éste frontal o lateral, en caso de presentarse valores de energía muy altos, quiere decir que el modelo presenta fallas, éstos se los debe arreglar refinando la malla del modelo del vehículo.

La evaluación de la energía de hourglass se la hace de tal manera que al momento de graficar la energía interna y hourglass de una parte, la relación debe ser menor al 10% como regla general. (Support, 2021)

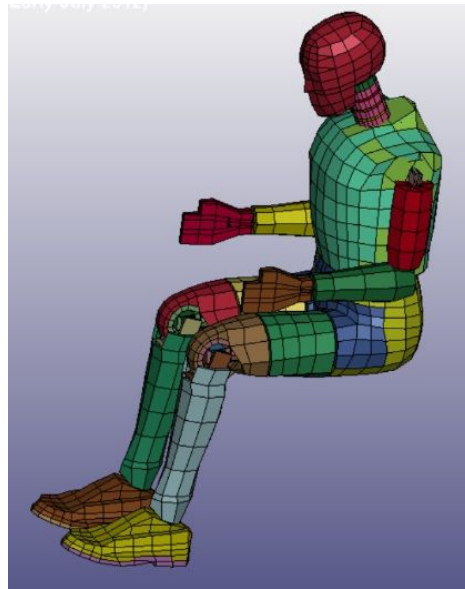
Dummy

De acuerdo a las especificaciones establecidas en el anexo 5 del reglamento de la CEPE, debe ser un maniquí correspondiente a las condiciones del HYBRID III, las cuales corresponden

a las medidas de una persona de sexo masculino del percentil 50 de los Estados Unidos de América, donde las medidas específicas y los diseños que se detallan del HYBRID III, así como lo que especifica en cuestión a los ajustes del maniquí para la ejecución de la prueba, se encuentran en la Secretaria General de las Naciones Unidas.

Figura 17.

Hybrid III



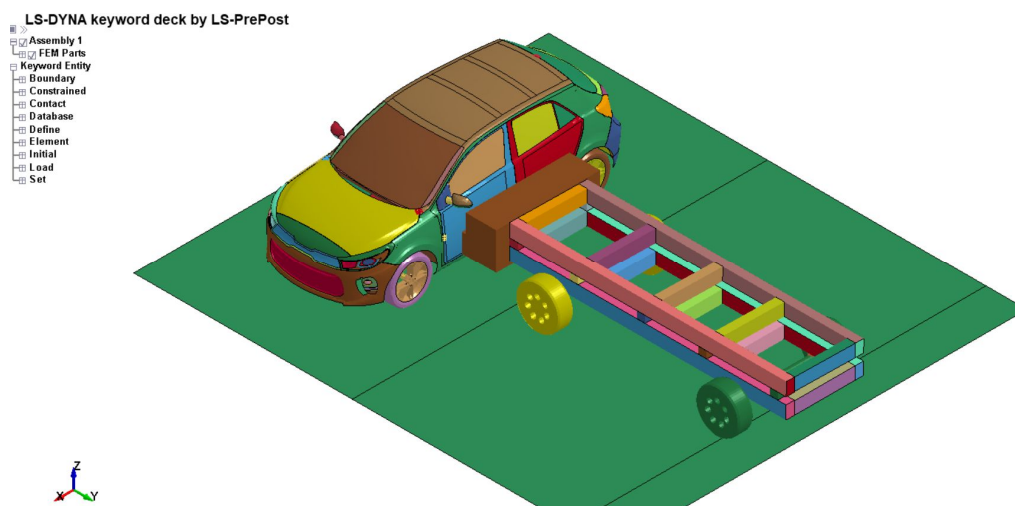
Fuente: (ANSYS, 2020)

Impacto Lateral

Para el impacto lateral, se elimina la pared, y en su lugar se ubica un carro con un impactador deformable en el costado del conductor

Figura 18.

Ubicación del Impactador en el Costado del Vehículo



Fuente: Autores

Velocidad de Impacto

Según el reglamento 95 de la CEPE, la velocidad para el impacto lateral será de 50 km/h

Resultados

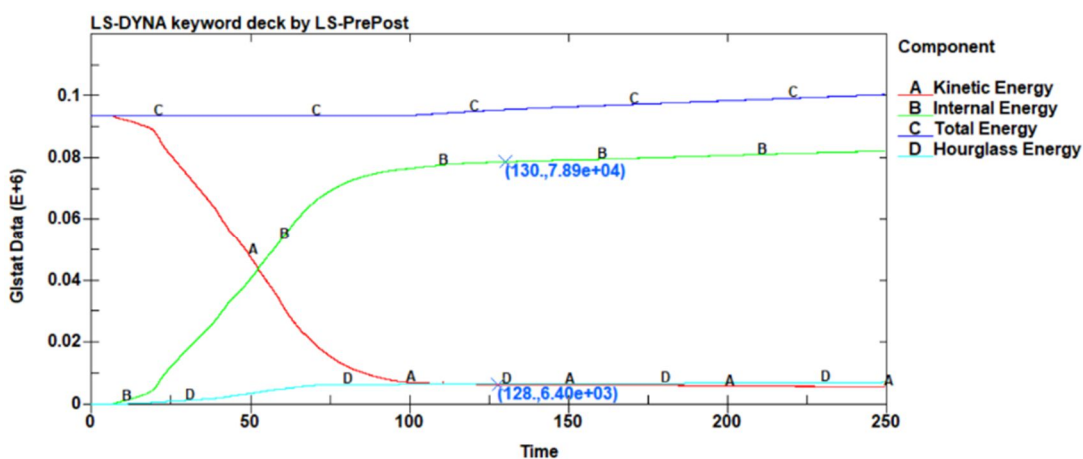
Impacto frontal

Factor de Hourglass

Dicho factor tiene referencia con la energía que se encuentra dentro del rango de aceptación del 10 %, las cuales son utilizadas en simulaciones dinámicas.

Figura 19.

Factor de Hourglass. Energías (MJ) vs Tiempo(ms)



Fuente: Autores

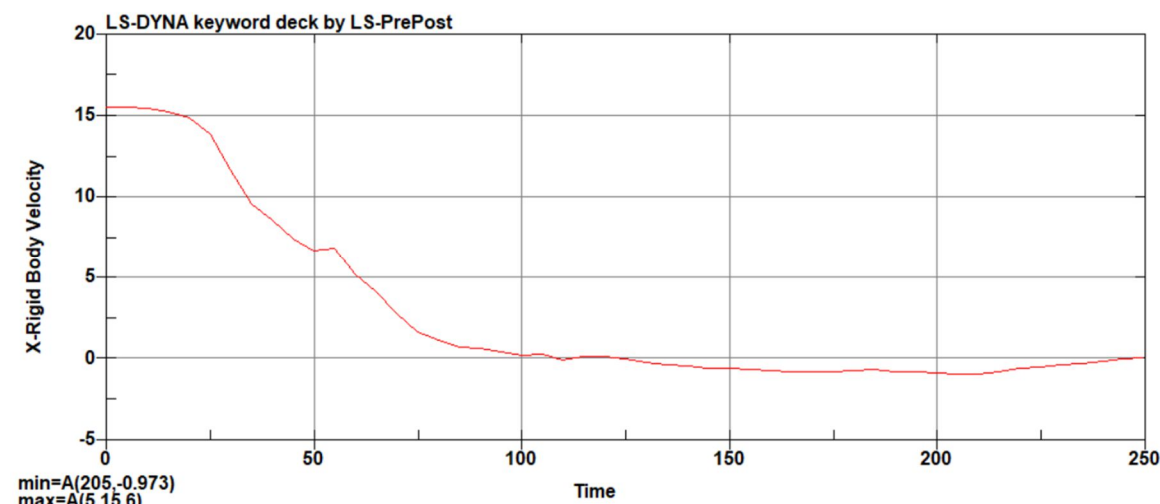
Para determinar el valor de Hourglass seleccionamos dos puntos de referencia en un tiempo aproximado de 130 milisegundos para la energía interna y la de Hourglass, que es donde se empiezan a estabilizar las energías, de las cuales se extrae del primer punto de referencia el 10% de la energía interna y este valor debe ser menor o igual al segundo punto de referencia de la energía de Hourglass. Para este caso se hace una regla de tres y se tiene un factor de Hourglass del 8.11%, siendo este valor aceptable para la validación del mallado del diseño del vehículo para el impacto frontal.

Velocidad del Vehículo

En el siguiente gráfico se aprecia que la velocidad en la que empieza es constante es decir 15.6 m/s (56 km/h), hasta el momento del impacto del vehículo contra la pared. El primer contacto que tiene con la pared es el parachoques delantero, mientras continua la simulación se involucran mas componentes del vehiculo, haciendo que reduzca la velocidad debido a la resistencia que presenta la pared.

Figura 20.

Velocidad del Vehículo (m/s) vs el tiempo (ms)



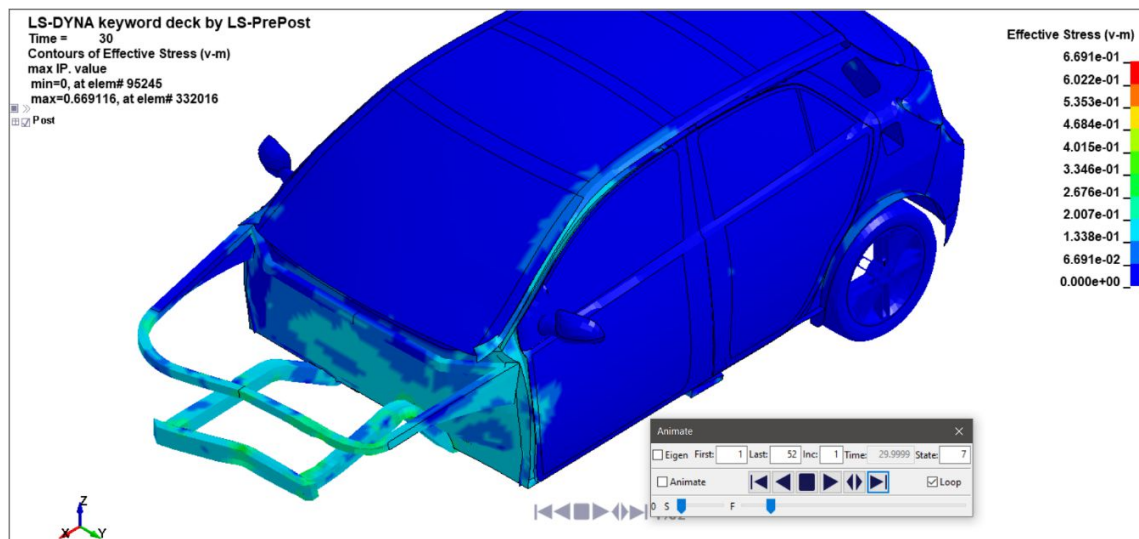
Fuente: Autores

Esfuerzo de Von Misses

Para saber el límite elástico que existe, se debe conocer el esfuerzo de Von Misses así como la tensión máxima admisible del material. A continuación se presenta el esfuerzo de Von Misses que se producen en los bastidores del vehículo al generarse el impacto para un espesor de 2 mm.

Figura 21.

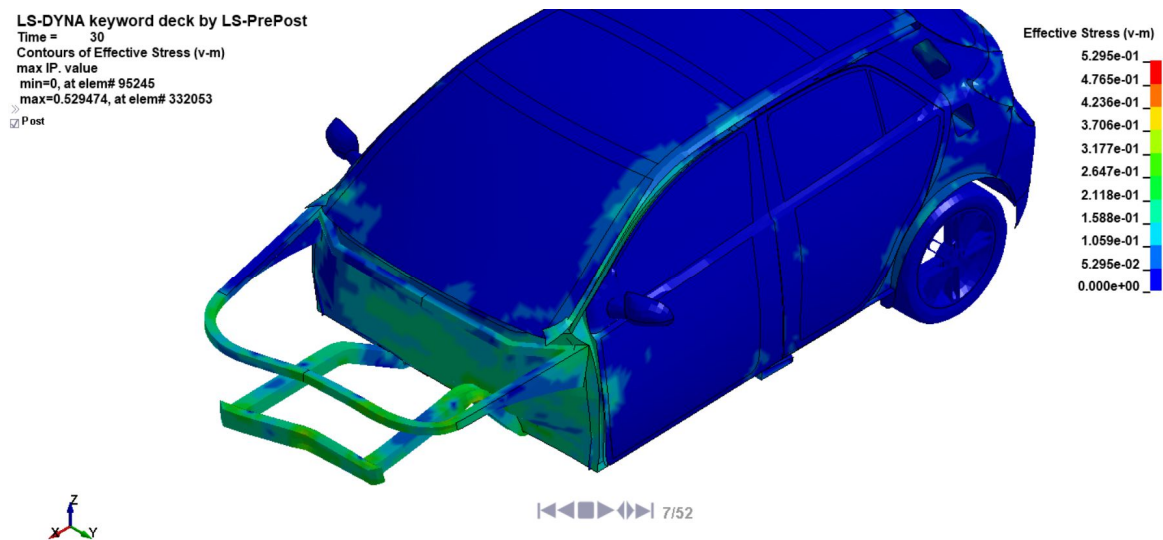
Esfuerzo de Von Mises (GPa) con el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 22.

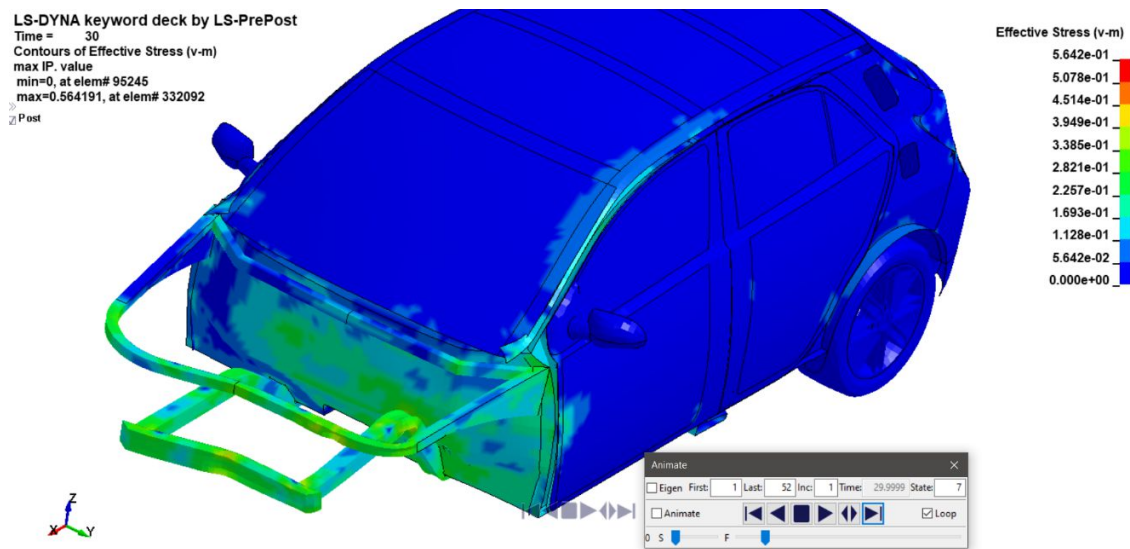
Esfuerzo de Von Mises (GPa) con el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 23.

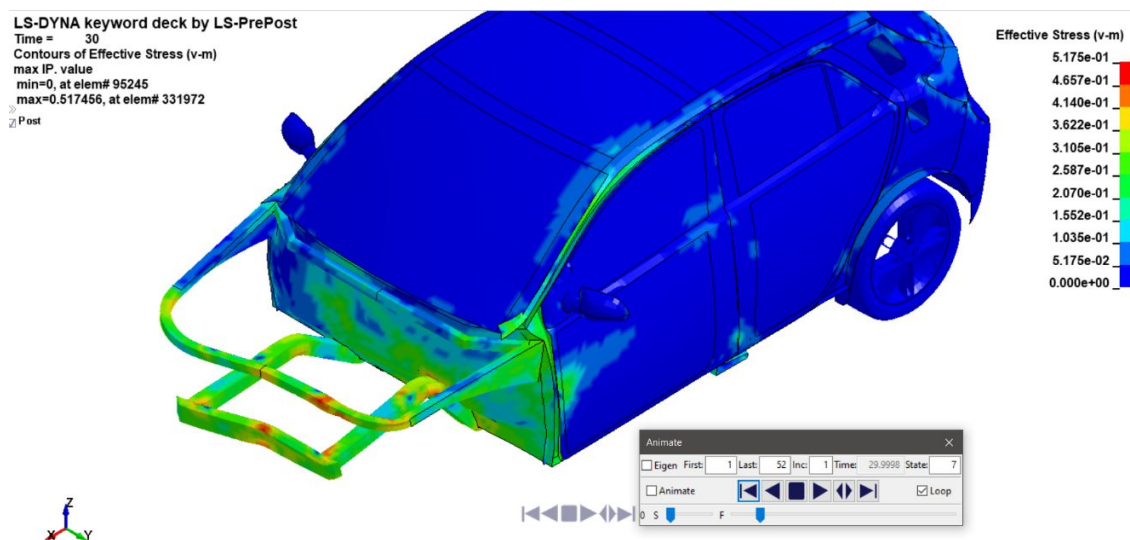
Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 24.

Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-50



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, se analiza el esfuerzo de Von Misses en un tiempo de 30 milisegundos para cada uno de los distintos materiales, en el cual se puede diferenciar los distintos comportamientos y variación de sus valores presentados en la siguiente tabla.

Tabla 3.

Valores de Esfuerzo de Von Misses

Material	Espesor o Sección (mm)	Esfuerzo de Von Misses (MPA)
A34	2	669
	3	483
A37	2	529
	3	414
A42	2	564
	3	435
A50	2	517
	3	488

Fuente: Autores

En la tabla se aprecia que al tener un mayor espesor en el material el valor del Esfuerzo de Von Misses disminuye

Evaluación de los criterios de aceptación

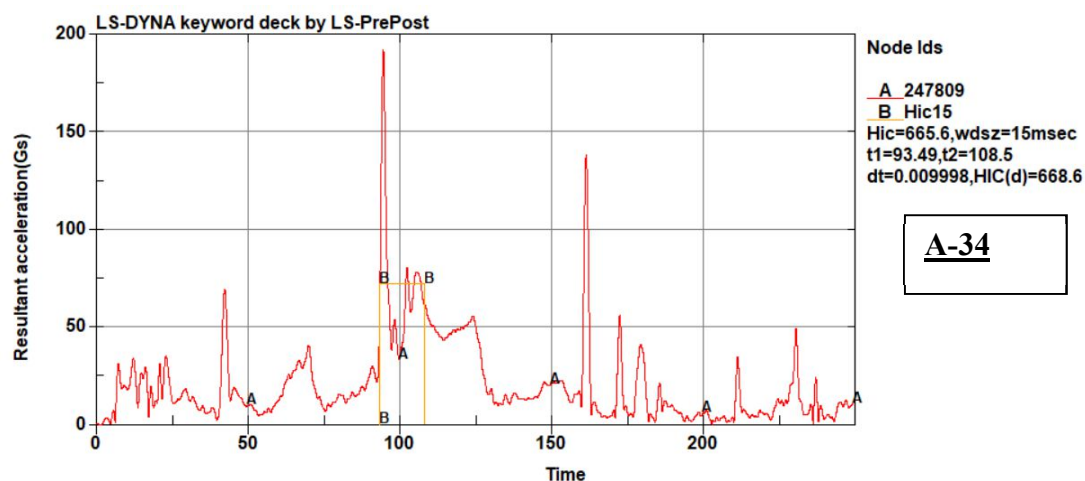
Se evalúa los criterios de aceptación para cada material empleado con su respectivo espesor de la normativa INEN 114, las pruebas de las realiza con una velocidad de 56 km/h y demás parámetros como lo establece el reglamento 94 de la CEPE.

En los gráficos de los criterios de comportamiento de la cabeza y pelvis, se realiza un pre-filtro tipo sae con una frecuencia de 180 Hz como se estipula en el reglamento, de esta manera se obtiene señales más claras y se las puede interpretar de mejor manera.

Criterios de comportamiento de la cabeza (CCC). Este valor debe ser igual o inferior a 1000, cuando no haya contacto con la cabeza, el CCC no se medirá ni calculará. Los siguientes valores se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 25.

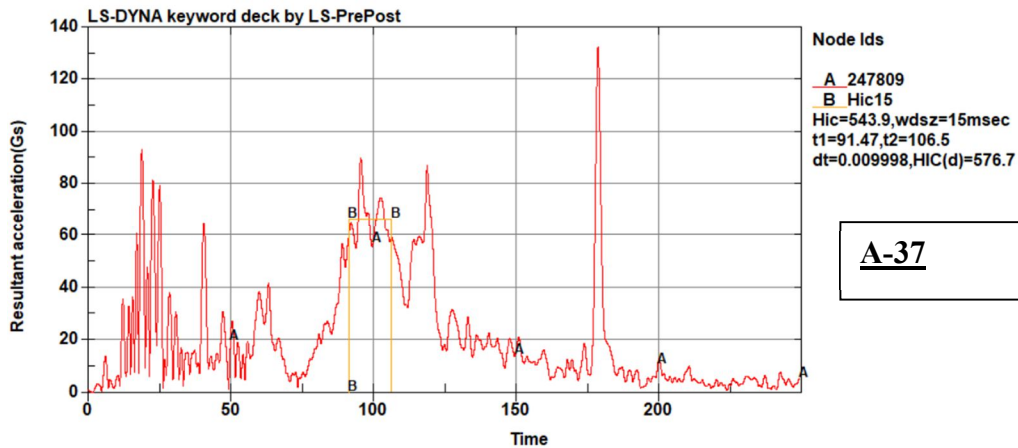
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 26.

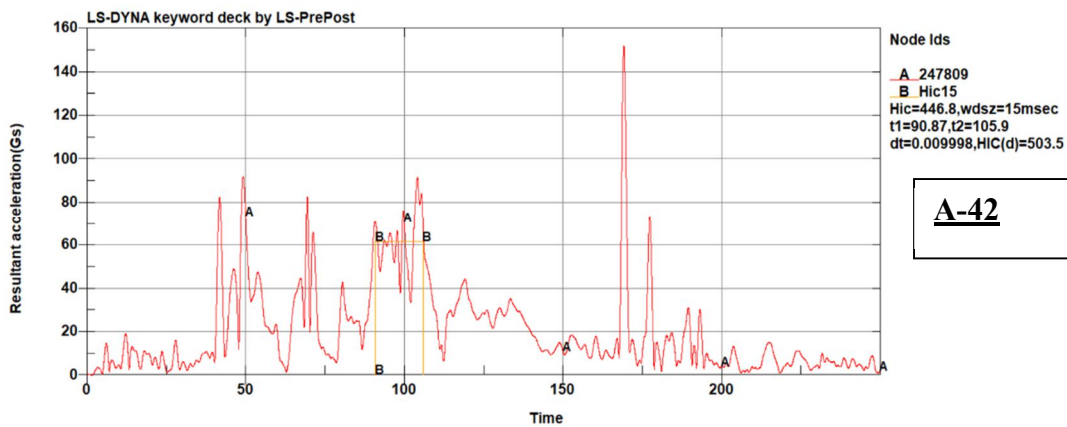
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 27.

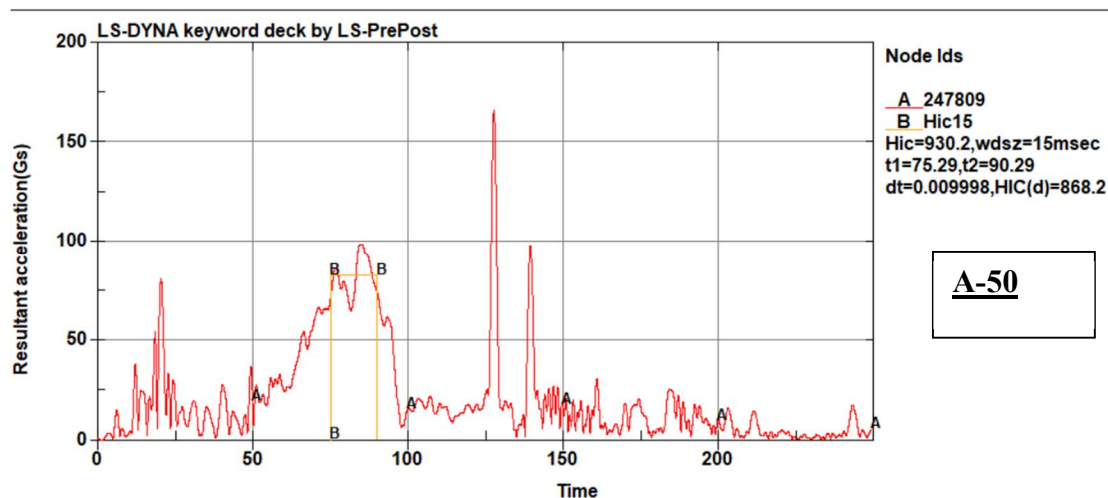
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 28.

Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-50



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, los valores del criterio de comportamiento de la cabeza varía con cada tipo de material y son obtenidos en intervalos de tiempo de 15 milisegundos. A continuación se detallan los diferentes valores en los que se comporta la cabeza del maniqui para cada material y espesores correspondientes.

Tabla 4.

Criterio de Comportamiento de la Cabeza Según Material y Espesor

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	CCC <1000
A34	2	665.6
	3	561
A37	2	543.9

	3	482
A42	2	446.8
	3	236.6
A50	2	930.2
	3	888.5

Fuente: Autores

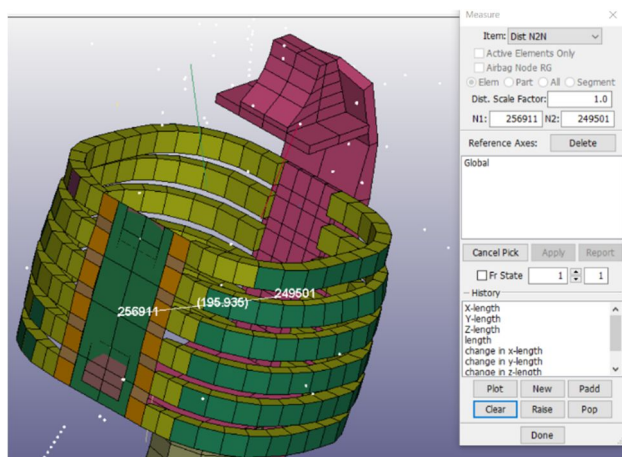
En la tabla anterior se puede apreciar todos los valores del criterio de comportamiento de la cabeza de cada material con sus respectivos espesores están dentro del rango permitido por el reglamento ya que estos no exceden el valor de 1000.

Criterios del torax. La deformación de las costillas deberá ser inferior o igual a 42 mm.

En la siguiente imagen, mediante la opción de Measure, se procede a ubicar dos nodos en la parte media del abdomen, los cuales sirven como referencia para tomar la distancia inicial con deformación cero de las costillas.

Figura 29.

Distancia de las Costillas

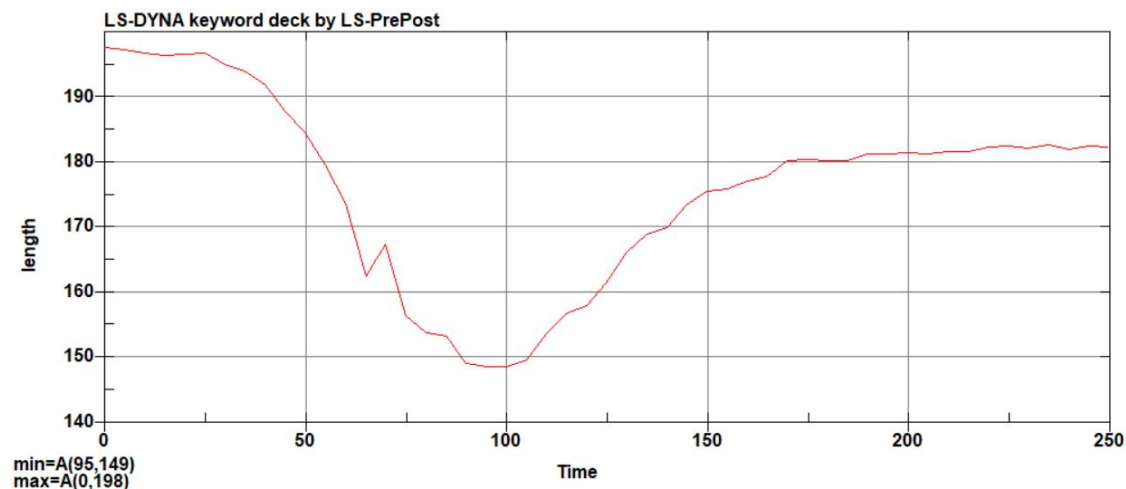


Fuente: Autores

Los siguientes valores para los criterios del torax se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 30.

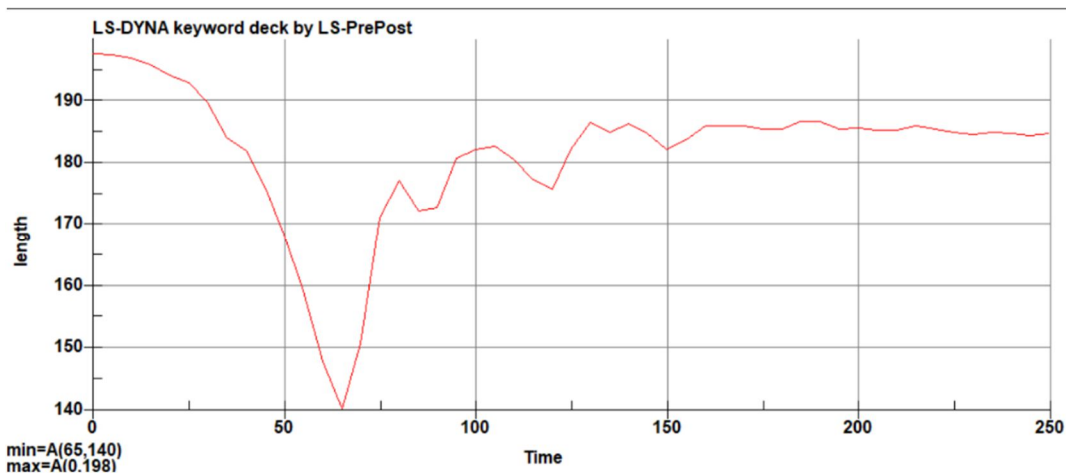
Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A34



Fuente: Autores

Figura 31.

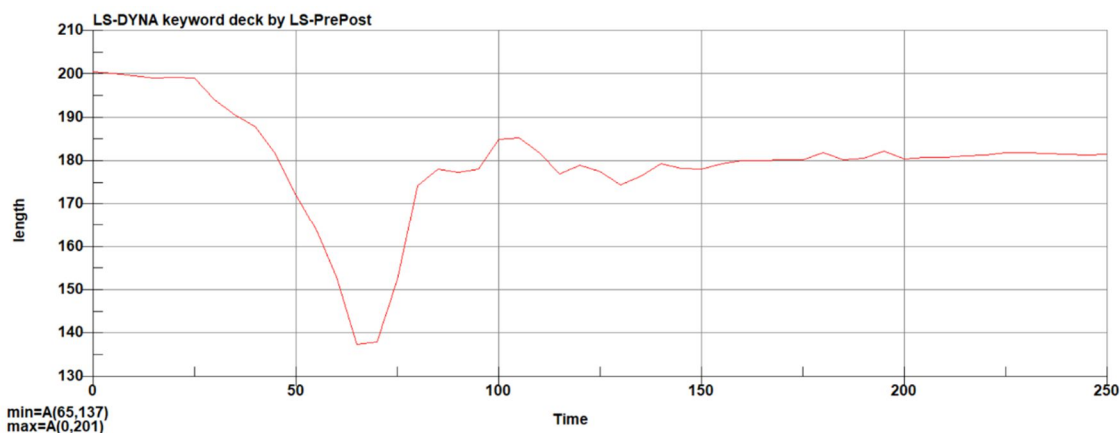
Deformación de las costillas (mm) vs tiempo (ms) para el material A-37



Fuente: Autores

Figura 32.

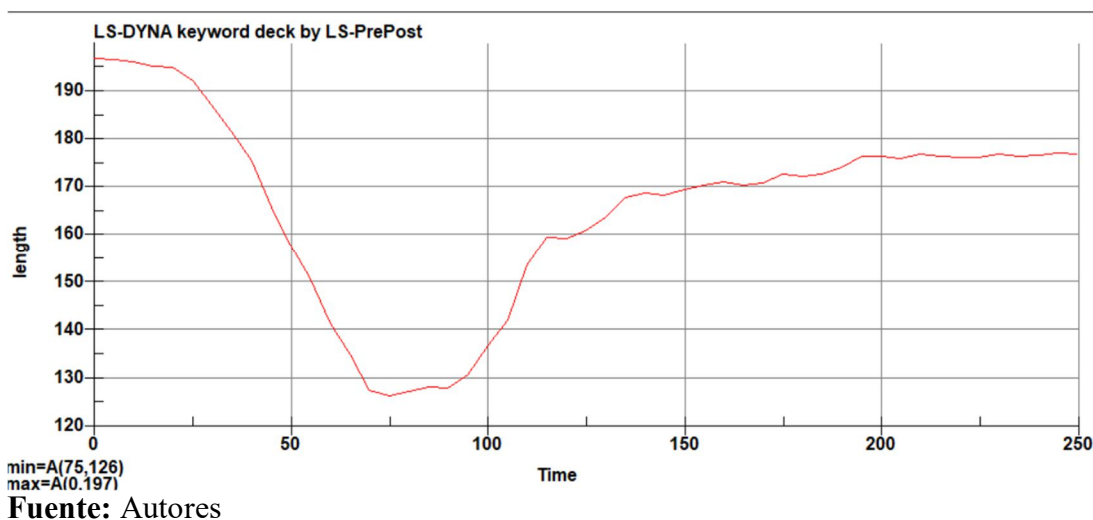
Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 33.

Deformación de las Costillas(mm) vs tiempo (ms) para el Material A-50



Fuente: Autores

Una vez que se procede a realizar las gráficas de la deformación de las costillas, se puede apreciar el comportamiento de la deformación de las costillas durante el impacto frontal, de esta manera se obtiene un valor máximo y un mínimo, el cual al realizar la respectiva diferencia se obtiene el resultado de la deformación de las costillas para cada material. A continuación se

muestra los valores de la deformación para cada uno de los materiales con sus respectivos espesores.

Tabla 5.

Criterio de de Comportamiento en el Torax Según Material y Espesor

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	Comportamiento en el torax (mm) CEPE Max 42 mm INEN 2713 Max 50 mm
A34	2	49
	3	87
A37	2	58
	3	60
A42	2	64
	3	74
A50	2	71
	3	88

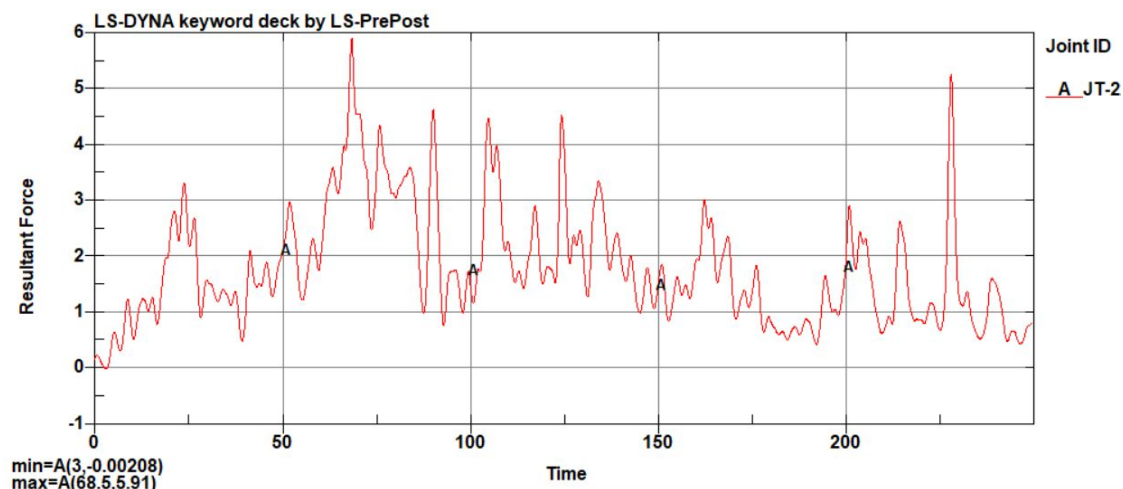
Fuente: Autores

En la tabla anterior se observa que ningun material está dentro del rango para la reglamento 94 de la CEPE, sin embargo si se palica la normativa nacional INEN 2713, el único material que está dentro del rango es el A34 con un espesor de 2 mm.

Criterio de comportamiento de pelvis. La fuerza máxima sobre la sínfisis púbica deberá ser igual o inferior a 6 KN. Los siguientes valores para los criterios de comportamiento de la pelvis se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 34.

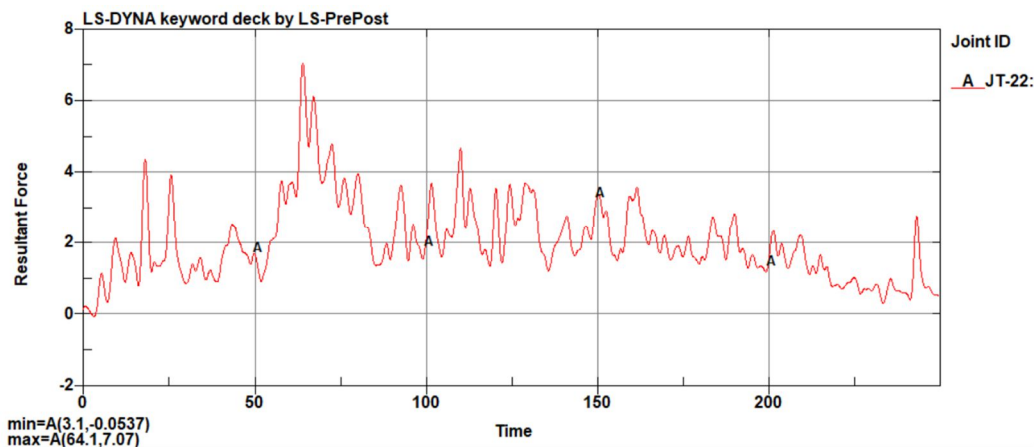
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 35.

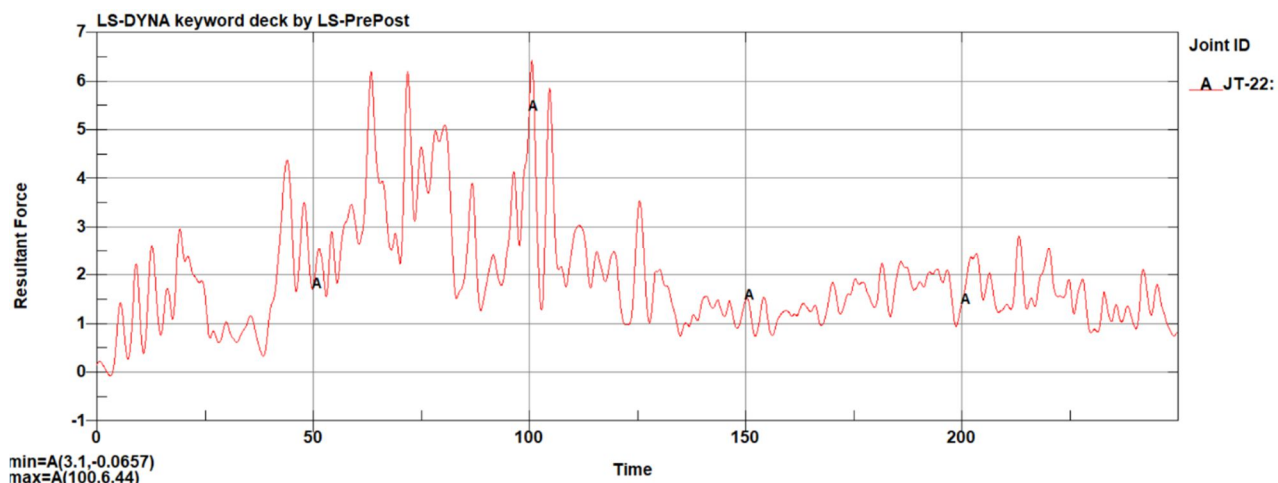
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 36.

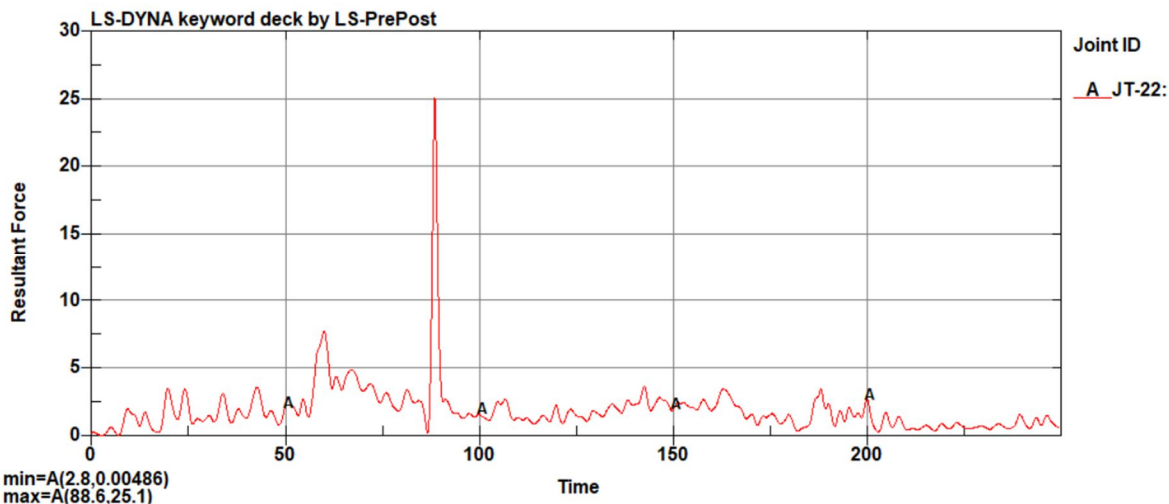
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 37.

Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-50



Fuente: Autores

En las gráficas mencionadas anteriormente, se detallan la fuerza resultante en la sínfisis púbica para cada material, la curva A representa el acelerómetro instalado en la cadera del dummy, los valores se detallan a continuación para cada material y espesores correspondientes

Tabla 6.*Criterio de Comportamiento de la Pelvis Según Material y Espesor*

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	Comportamiento de la pelvis (KN) < 6
A34	2	5.91
	3	8.57
A37	2	7.07
	3	6.83
A42	2	6.44
	3	8.23
A50	2	25.1
	3	9.17

Fuente: Autores

En la tabla del comportamiento de la pelvis se aprecia que, el único material que está dentro del rango permitido por el reglamento es el material A34 con el espesor de 2 mm.

Tabla 7.

Criterio de Comportamiento de Cabeza, Tórax y Pelvis

Evaluación de los criterios de aceptación				
Material	Espesor o Sección (mm)	CCC <1000	Comportamiento en el torax CEPE Max 42 mm INEN 2713 Max 50 mm	Comportamiento en la pelvis < 6 KN
A34	2	665.6	48	5.91
	3	561	87	8.57
A37	2	543.9	58	7.07
	3	482	60	6.83
A42	2	446.8	64	6.44
	3	236.6	74	8.23
A50	2	930.2	71	25.1
	3	888.5	88	9.17

Fuente: Autores

En la tabla anterior podemos apreciar todos los criterios de comportamiento con los diferentes tipos de materiales y sus respectivos espesores, en la cual el material que mejor cumple con los requerimientos del reglamento 94 es el material A34 con espesor de 2 mm, a excepción del comportamiento del tórax que excede su límite, sin embargo, para la normativa INEN 2713 el resultado está dentro del rango permitido.

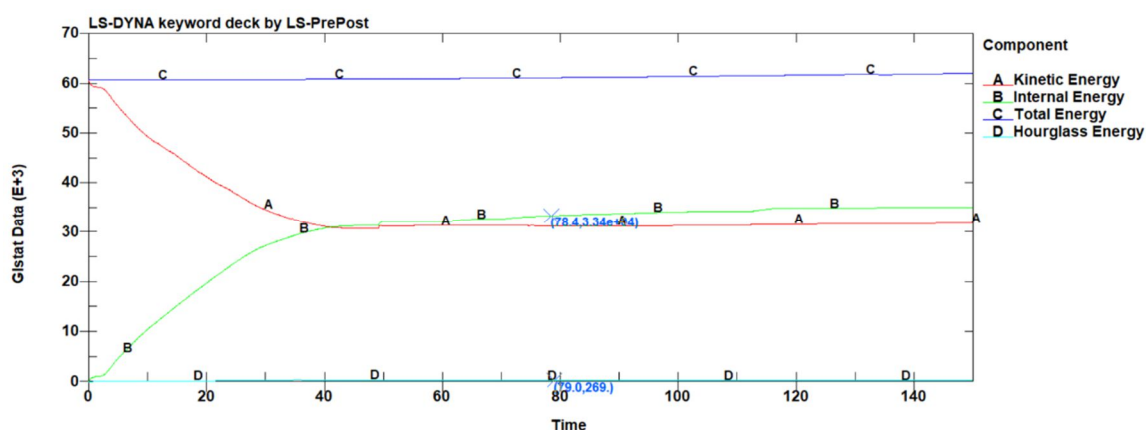
Impacto Lateral

Factor de Hourglass

Dicho factor tiene referencia con la energía que se encuentra dentro del rango de aceptación del 10 %, las cuales son utilizadas en simulaciones dinámicas

Figura 38.

Factor de Hourglass. Energías (KJ) vs Tiempo(ms)



Fuente: Autores

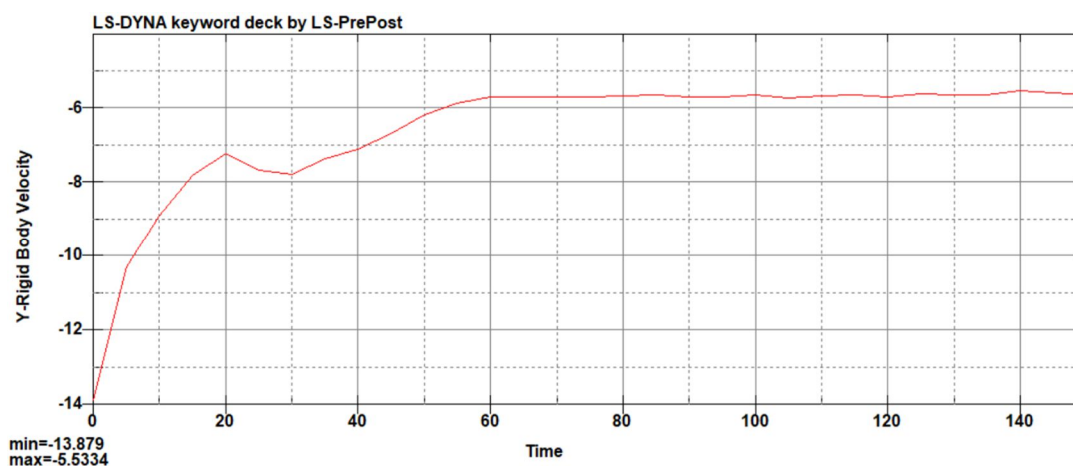
Para determinar el valor de Hourglass seleccionamos dos puntos de referencia en un tiempo aproximado de 80 milisegundos para la energía interna y la de Hourglass, que es donde se empiezan a estabilizar las energías, de las cuales se extrae del primer punto de referencia el 10% de la energía interna y este valor debe ser menor o igual al segundo punto de referencia de la energía de Hourglass. Para este caso se hace una regla de tres y se tiene un factor de Hourglass del 8.05%, siendo este valor aceptable para la validación del mallado del diseño del vehículo para el impacto lateral.

Velocidad del Impactador Deformable Móvil

En el siguiente gráfico se aprecia que la velocidad en la que empieza es constante es decir 13.88 m/s (50 km/h), se coloca con signo negativo para que el impactador deformable móvil se impacte contra el vehículo, en caso de no colocar el signo negativo, el impactador deformable se alejará del vehículo y no se ha de generar el impacto lateral. El primer contacto que tiene el vehículo con el impactador deformable son las partes externas de las puertas del conductor y de los ocupantes de la parte posterior, mientras continúa la simulación se involucran más componentes del vehículo, haciendo que reduzca la velocidad debido a la resistencia que presenta el vehículo.

Figura 39.

Velocidad del Impactador Deformable Móvil (m/s) vs tiempo (ms)



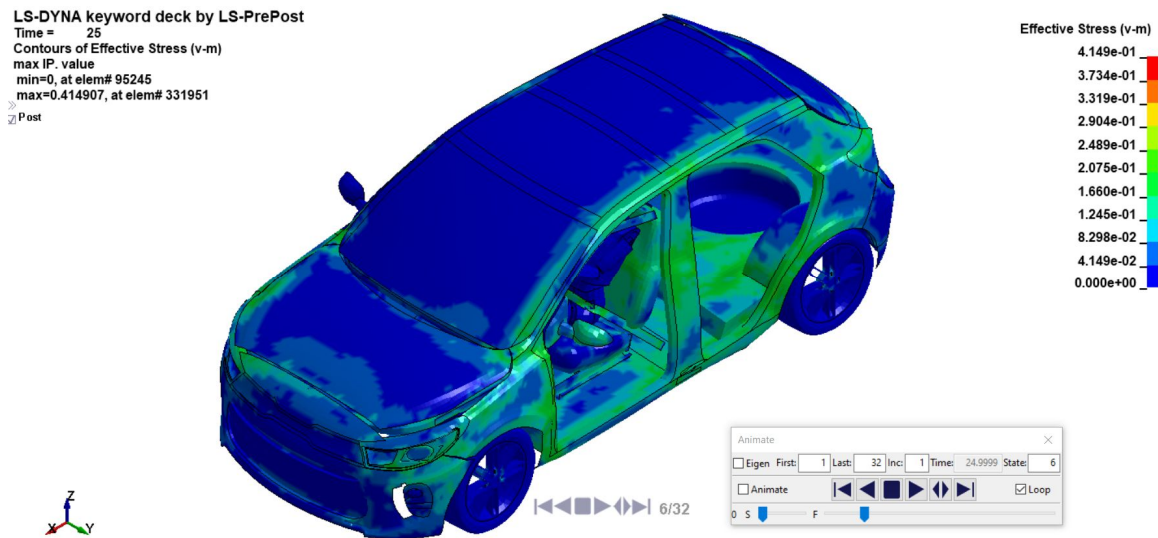
Fuente: Autores

Esfuerzo de Von Misses

Para saber el límite elástico que existe, se debe conocer el esfuerzo de Von Misses así como la tensión máxima admisible del material. A continuación se presenta el esfuerzo de Von Misses que se producen en los bastidores del vehículo al generarse el impacto para un espesor de 2 mm.

Figura 40.

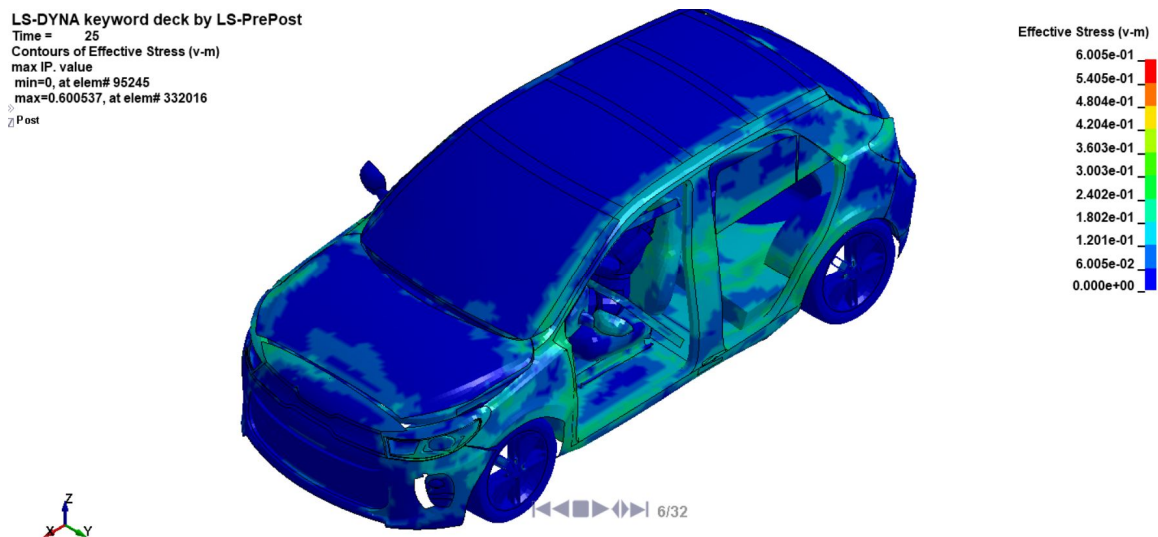
Esfuerzo de Von Misses (GPa) con el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 41.

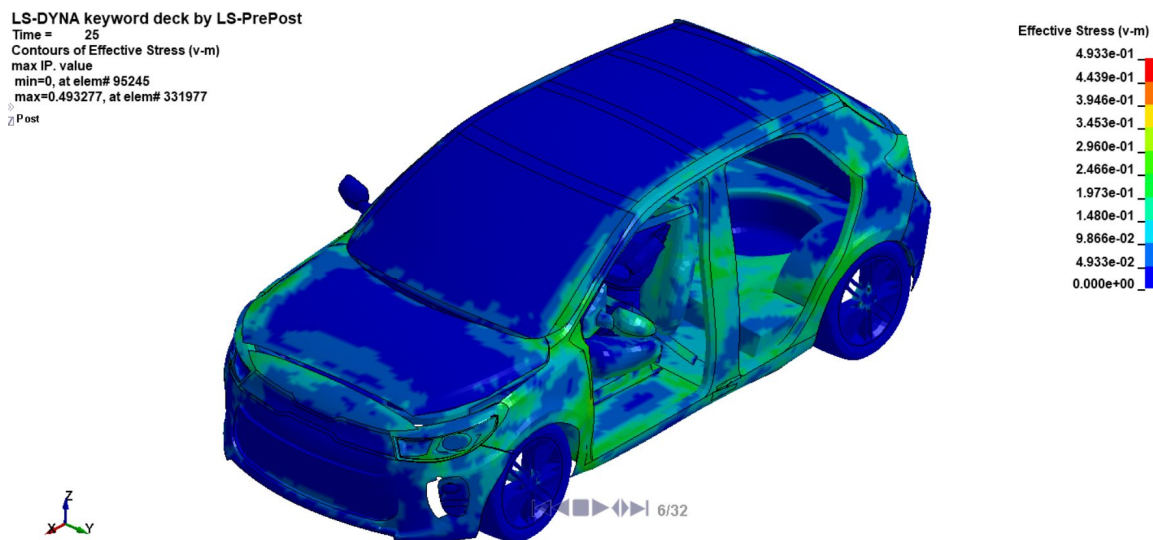
Esfuerzo de Von Misses (GPa) con Material A-37



Fuente: Autores

Figura 42.

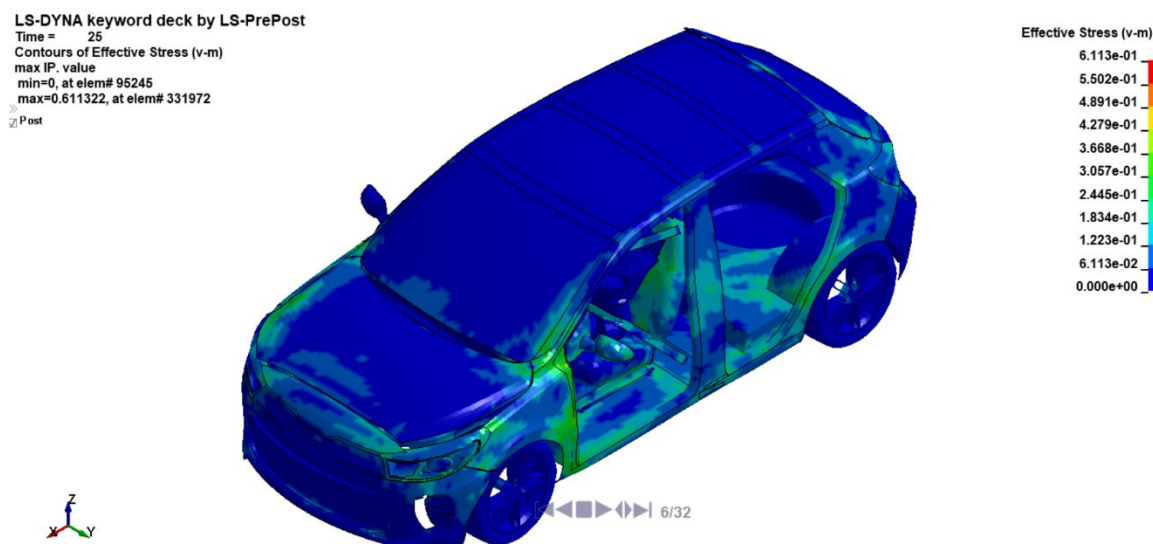
Esfuerzo de Von Mises (GPa) con Material A-42



Fuente: Autores

Figura 43.

Esfuerzo de Von Mises (GPa) con Material A-50



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, se analiza el esfuerzo de Von Misses en un tiempo de 25 milisegundos para cada uno de los distintos materiales, en el cual se puede diferenciar los distintos comportamientos y variación de sus valores como se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Esfuerzo de Von Misses

Material	Espe sor o Sección (mm)	Esfuerzo de Von Misses (MPA)
A34	2	414
	3	390
A37	2	600
	3	504
A42	2	493
	3	416
A50	2	611
	3	560

Fuente: Autores

En la tabla anterior se puede observar que al tener un mayor espesor en el material el valor del Esfuerzo de Von Misses disminuye

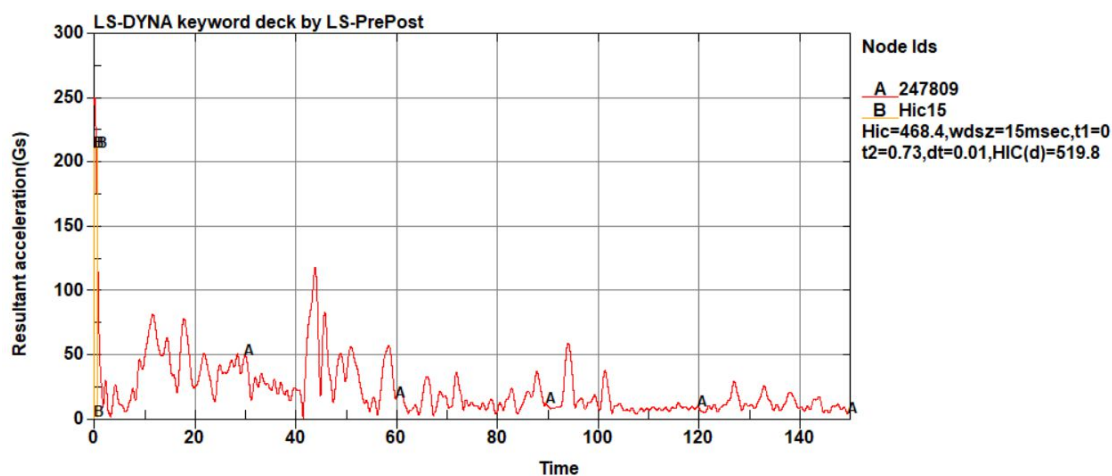
Evaluación de los Criterios de Aceptación

Se evalúa los criterios de aceptación para cada material empleado con su respectivo espesor de la normativa INEN 114, las pruebas de las realiza con una velocidad de 50 km/h y demás parámetros como lo establece el reglamento 95 de la CEPE

Criterios de comportamiento de la cabeza (CCC). Este valor debe ser igual o inferior a 1000, cuando no haya contacto con la cabeza, el CCC no se medirá ni calculará. Los siguientes valores se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 44.

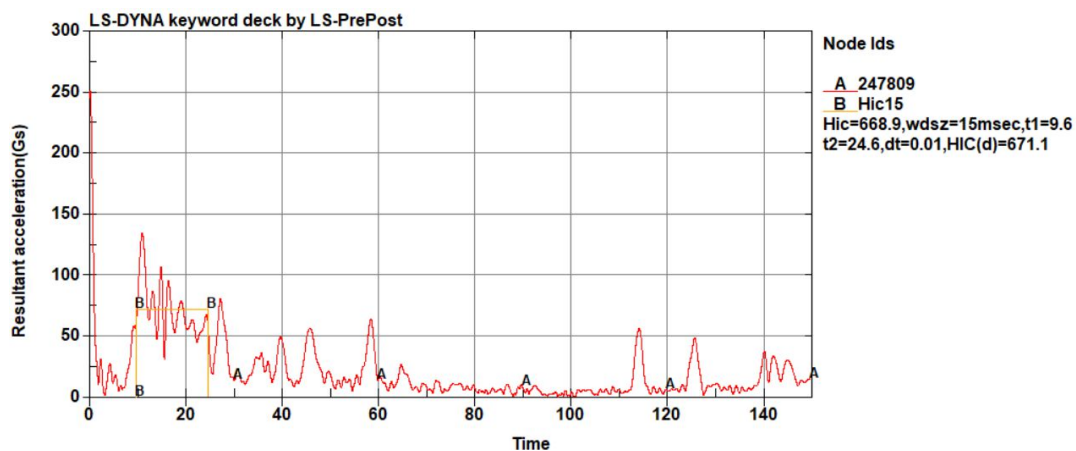
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 45.

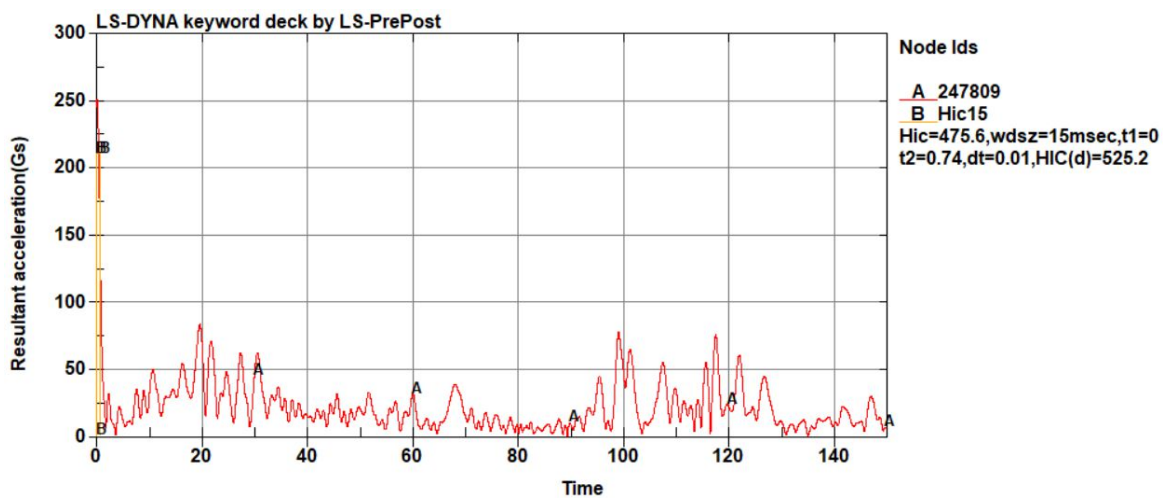
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 46.

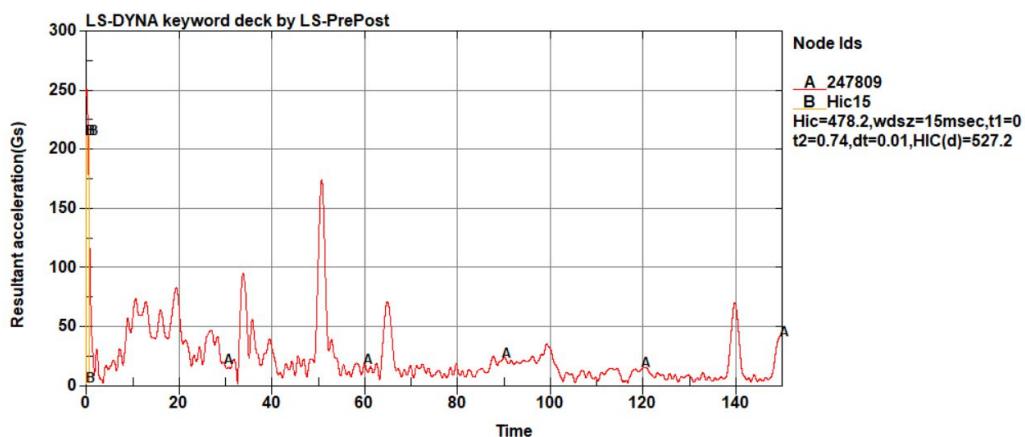
Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 47.

Criterio de Comportamiento de la Cabeza con el Material A-50



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, los valores del criterio de comportamiento de la cabeza varía con cada tipo de material y son obtenidos en intervalos de tiempo de 15 milisegundos. A continuación se detallan los valores de los criterios de comportamiento de la cabeza para cada material y espesores correspondientes.

Tabla 9.

Criterio de Comportamiento de la Cabeza

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	CCC <1000
A34	2	468.4
	3	573.8
A37	2	668.9

	3	467.4
A42	2	475.6
	3	521.2
A50	2	478.2
	3	804

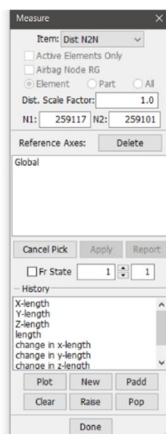
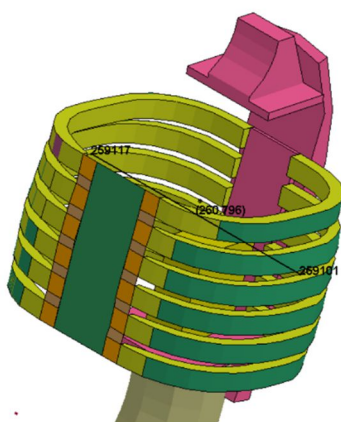
Fuente: Autores

En la tabla anterior se aprecia que todos los valores del criterio de comportamiento de la cabeza de cada material con su respectivo espesor estan dentro del rango permitido por el reglamento ya que estos no exceden el valor de 1000.

Criterios del torax. La deformación de las costillas deberá ser inferior o igual a 42 mm. En la siguiente imagen, mediante la opción de Measure, se procede a ubicar dos nodos en la parte media del abdomen, los cuales sirven como referencia para tomar la distancia inicial con deformación cero de las costillas.

Figura 48.

Distancia de las Costillas

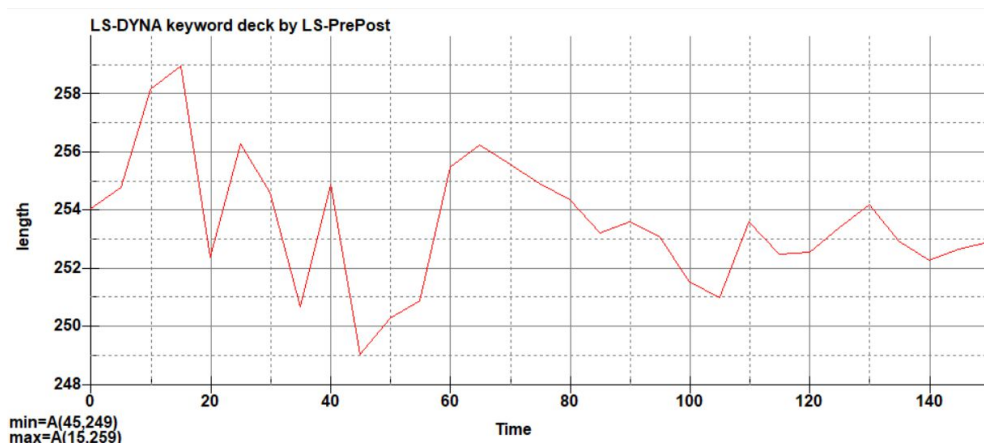


Fuente: Autores

Los siguientes valores para los criterios del torax se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 49.

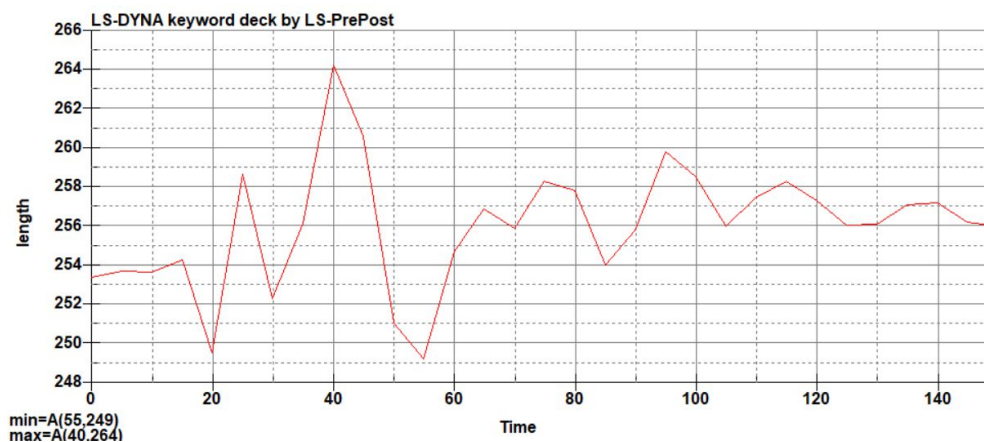
Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 50.

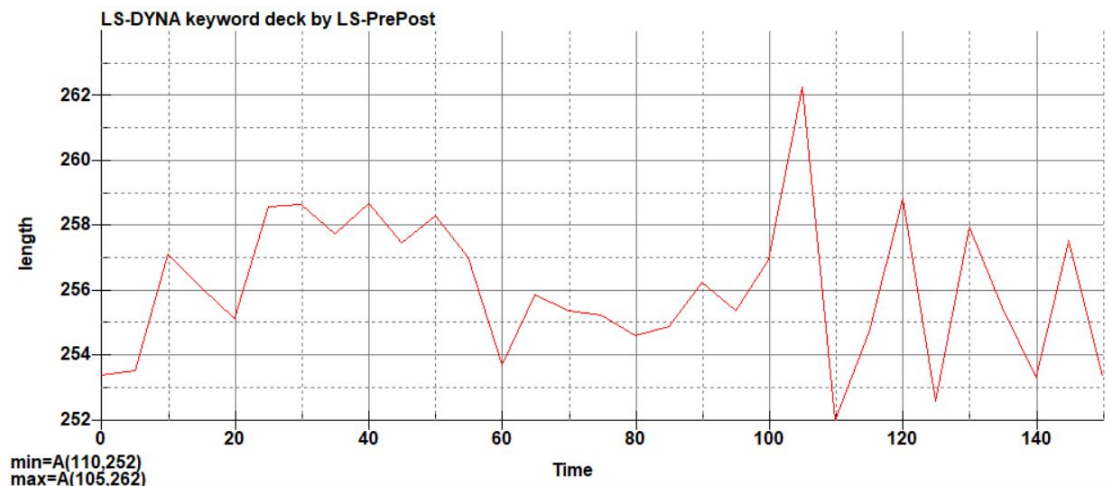
Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 51.

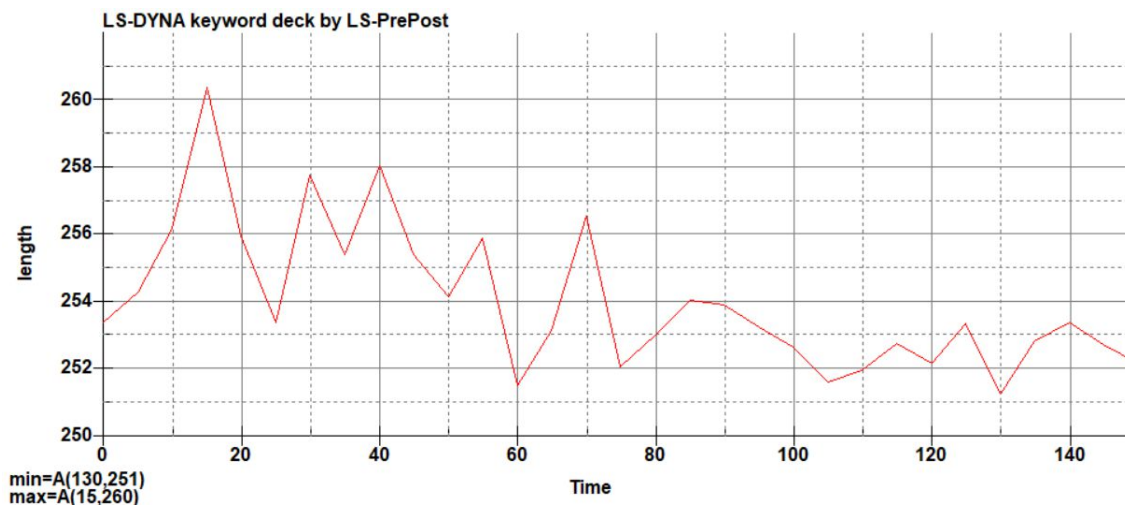
Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 52.

Deformación de las Costillas (mm) vs tiempo (ms) para el Material A-50



Fuente: Autores

Una vez que se procede a realizar las gráficas de la deformación de las costillas, se puede apreciar el comportamiento de la deformación de las costillas durante el impacto lateral, de esta

manera se obtiene un valor máximo y un mínimo, el cual al realizar la respectiva diferencia se obtiene el resultado de la deformación de las costillas para cada material. A continuación se muestra los valores de la deformación para cada uno de los materiales con sus respectivos espesores.

Tabla 10.

Criterio de Comportamiento del Torax

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	Comportamiento en el torax (mm) Max 42 mm
A34	2	10
	3	15
A37	2	15
	3	15
A42	2	10
	3	11
A50	2	9
	3	13

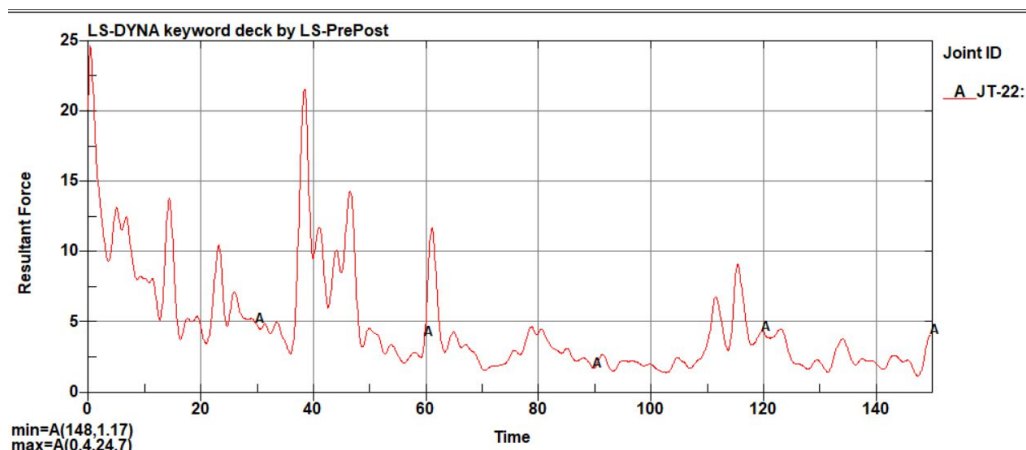
Fuente: Autores

En la tabla anterior se aprecia que todos los materiales y sus respectivos espesores están dentro del rango permitido por el reglamento 95 de la CEPE.

Criterio de comportamiento de pelvis. La fuerza máxima sobre la sínfisis púbica deberá ser igual o inferior a 6 KN Los siguientes valores para los criterios de comportamiento de la pelvis se presentan para un espesor de los bastidores de 2 mm.

Figura 53.

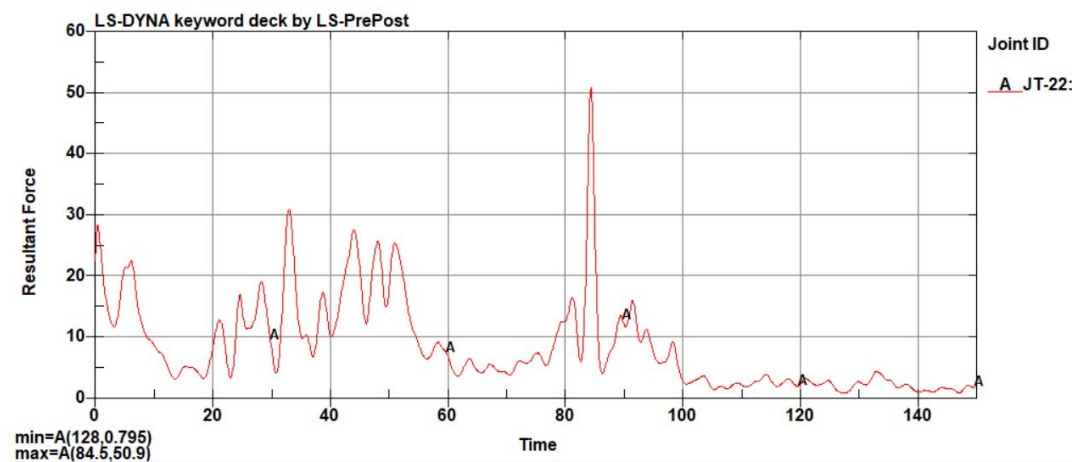
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-34



Fuente: Autores

Figura 54.

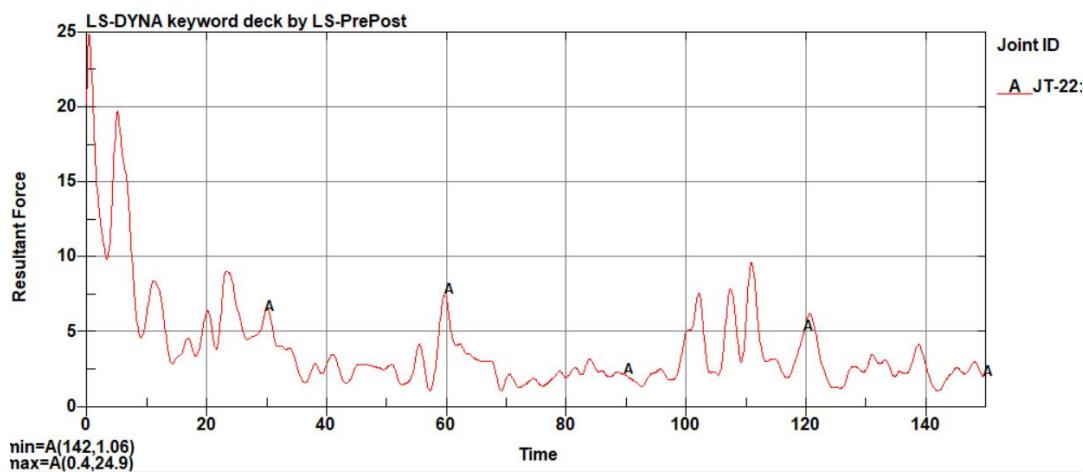
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-37



Fuente: Autores

Figura 55.

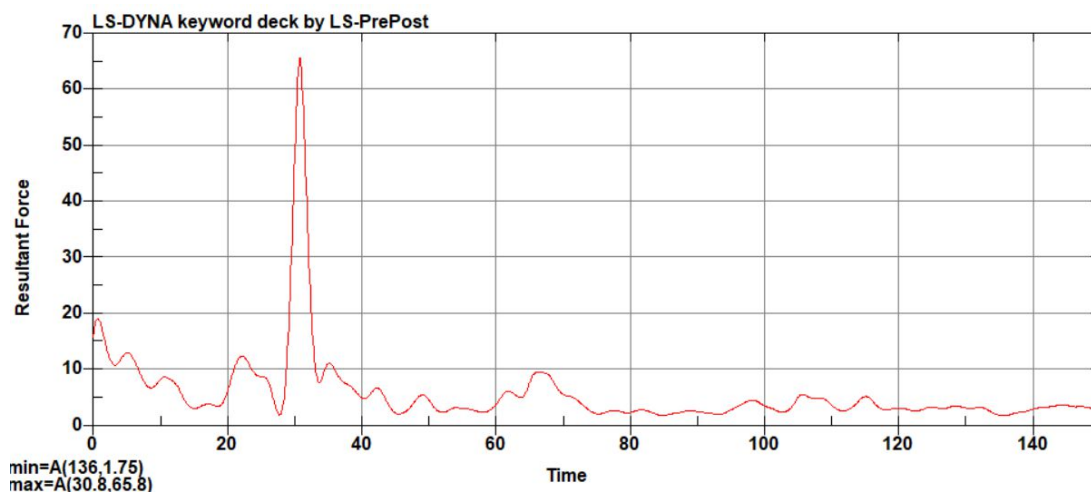
Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-42



Fuente: Autores

Figura 56.

Fuerza Resultante (KN) vs tiempo (ms) de la Pelvis para el Material A-50



Fuente: Autores

En las gráficas mencionadas anteriormente, se detallan la fuerza resultante en la sínfisis púbica para cada material, la curva A representa el acelerómetro instalado en la cadera del dummy, los valores se detallan a continuación para cada material y espesores correspondientes

Tabla 11.

Criterio de Comportamiento de la Pelvis

Evaluación de los criterios de aceptación		
Material	Espesor o Sección (mm)	Comportamiento de la pelvis (KN) < 6
A34	2	24.7
	3	25.1
A37	2	50.9
	3	74.2
A42	2	24.9
	3	73.2
A50	2	65.8
	3	31.1

Fuente: Autores

En la tabla del comportamiento de la pelvis se aprecia que, todos los materiales con sus respectivos espesores están fuera del rango permitido por el reglamento 95

Tabla 12.**Criterio de Comportamiento de la Cabeza, Tórax y Pelvis**

Evaluación de los criterios de aceptación				
Material	Espesor o Sección (mm)	CCC <1000	Comportamiento en el torax (mm) < 42	Comportamiento en la pelvis (KN) < 6
A34	2	468.4	10	24.7
	3	573.8	15	25.1
A37	2	668.9	15	50.9
	3	467.4	15	74.2
A42	2	475.6	10	24.9
	3	521.2	11	73.2
A50	2	478.2	9	65.8
	3	804	13	31.1

Fuente: Autores

En la tabla anterior podemos apreciar todos los criterios de comportamiento con los diferentes tipos de materiales y sus respectivos espesores, en la cual todos los materiales con sus respectivos espesores cumplen con los dos primeros criterios de aceptación, sin embargo, ninguno cumple con el ultimo criterio de aceptación.

Conclusiones

El software CAE permite ejecutar análisis de elementos finitos dinámicos, el cual permite que se establezca las diferentes condiciones de borde, materiales tanto metálicos como plásticos, lo cual permite obtener resultados muy próximos a la vida real.

La simulación ya sea de impacto frontal o lateral, conlleva a establecer distintos parámetros que deben ser conocidos para que se ejecute de manera correcta, como son los parámetros de contorno, material, espesor, carga, velocidad, contactos, tiempo de simulación y demás parámetros necesarios para la simulación, el cual permite visualizar los resultados mediante la base de datos que se genera en el programa.

En el impacto frontal, los distintos materiales con sus respectivos espesores que se colocaron, ayudó a determinar el material que mejor cumpla con los requerimientos establecidos para la seguridad de pasajeros en el reglamento 94 de la CEPE, siendo el material A34 con un espesor de 2 mm el más apto para los bastidores de vehículo tipo hatchback, sin embargo con dicho material no cumple el criterio del comportamiento del tórax al sobrepasar por 6 mm la deformación de las costillas; Por otro lado si se aplica la normativa INEN 2713 para el mismo impacto, el material A34 cumple satisfactoriamente con todos los criterios de aceptación establecidos por la normativa.

En el impacto lateral, los distintos materiales con sus respectivos espesores que se colocaron, ayudó a determinar el material que mejor cumpla con los requerimientos establecidos para la seguridad de pasajeros en el reglamento 95 de la CEPE, siendo el material A34 con un espesor de 2 mm el más apto para los bastidores de vehículo tipo hatchback, sin embargo con dicho material no cumple el criterio del comportamiento de la pelvis, debido a que el análisis esta

enfocado únicamente a los bastidores mas no a las autopartes del vehículo, como es la puerta y sus componentes internos, lo cual ayudan a absorber el impacto, además al tener bastantes detalles representa un mayor gasto computacional y tiempo de ejecución, por lo cual se decidió realizar un modelo base y funcional para el análisis.

Las gráficas resultantes de los acelerómetros permiten comprender el comportamiento de la cabeza, tórax y la pelvis al realizarse el impacto frontal y lateral en los dos casos de estudio mediante la sobre posición de curvas podemos comprender la variación de los picos de aceleración existentes en cada una de las lecturas emitidas por los acelerómetros.

Recomendaciones

El control de la calidad de mallado “jacobiano” es muy importante ya que de ello depende el análisis y la veracidad de los resultados al momento de ejecutar el impacto frontal como el lateral. Los contactos y juntas se recomienda ubicarlos conforme a los condiciones y los analisis que se requieran realizar, ya que esto evitará que se generen errores, como son las interferencias entre elementos al momento que se esté ejecutando la simulación.

El gasto computacional que requiere cada simulación es muy importante, ya que dependiendo de la cantidad de núcleos que posea el computador, será mayor o menor el tiempo de simulación

Para un posterior análisis del vehículo se podría recomienda hacer dos sugerencias del estudio que se realizó. Una en que se haga la combinación entre los materiales de la normativa INEN 114 en diferentes partes de los bastidores del vehículo, por otro lado se puede hacer la variación de los espesores de cada parte de los bastidores para poder obtener un mejor análisis con respecto al material de la normativa.

Referencias Bibliográficas

Bibliografía

ANSA. (2021). *BETA SIMULATION SOLUTIONS*. Obtenido de BETA SIMULATION SOLUTIONS: <https://www.beta-cae.com/ansa.htm>

ANSYS. (2020). *Ansys/LST*. Obtenido de Ansys/LST: https://www.lstc.com/download/dummy_models

ANT. (16 de Diciembre de 2020). *ANT*. Obtenido de ANT: <https://ant.gob.ec/index.php/estadisticas>

AraWorks. (2021). *AraWorks*. Obtenido de AraWorks: <https://araworks.es/como-comprobar-la-calidad-del-mallado-en-elementos-finitos/>

CEPE. (2010). Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:130:0050:0100:ES:PDF>

GRAPHICS, E. (2017). *Vector Drawings*. Obtenido de Vector Drawings: https://www.the-blueprints.com/vectordrawings/show/14694/kio_rio_5-door/

INEN. (2013). Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_114-1.pdf

INEN. (2013). *INEN*. Obtenido de INEN: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_114-1.pdf

Juárez, G. (2012). *Academia*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/12701209/M%C3%89TODO_DE_LOS_ELEMENTOS_FINI_TOS_APLICADOS_A_LA_SOLUCI%C3%93N_DE_PROBLEMAS_DE_LA_INGENIER%C3%8DA_ESTRUCTURAL

LATIN NCAP. (2019). Obtenido de *LATIN NCAP*: <https://www.latinncap.com/es/preguntas-frecuentes>

LSTC. (2018). *LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL*. California: Livermore Software Technology Corporation.

Morales, H. S. (2020). *autocosmos*. Obtenido de autocosmos: <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2020/06/01/la-carroceria-y-el-chasis-son-dos-elementos-de-gran-importancia-en-la-seguridad-de-los-automoviles>

NCAP, E. (2017). *EURO NCAP*. Obtenido de *EURO NCAP*: <https://www.euroncap.com/es/results/kia/rio/27768>

NCAP, L. (05 de 2017). *LATIN NCAP*. Obtenido de <https://www.latinncap.com/es/resultado/90/kia-rio-sedan-no-airbags>

Sherrard, R. (09 de Junio de 2020). *NIMBIX*. Obtenido de <https://support.nimbix.net/hc/en-us/articles/360044738671-ANSYS-Fluent-Tips-Tricks-and-Troubleshooting>

Support, L.-D. (2021). *LS-DYNA Support*. Obtenido de *LS-DYNA Support*: <https://www.dynasupport.com/tutorial/contact-modeling-in-ls-dyna/contact-types>

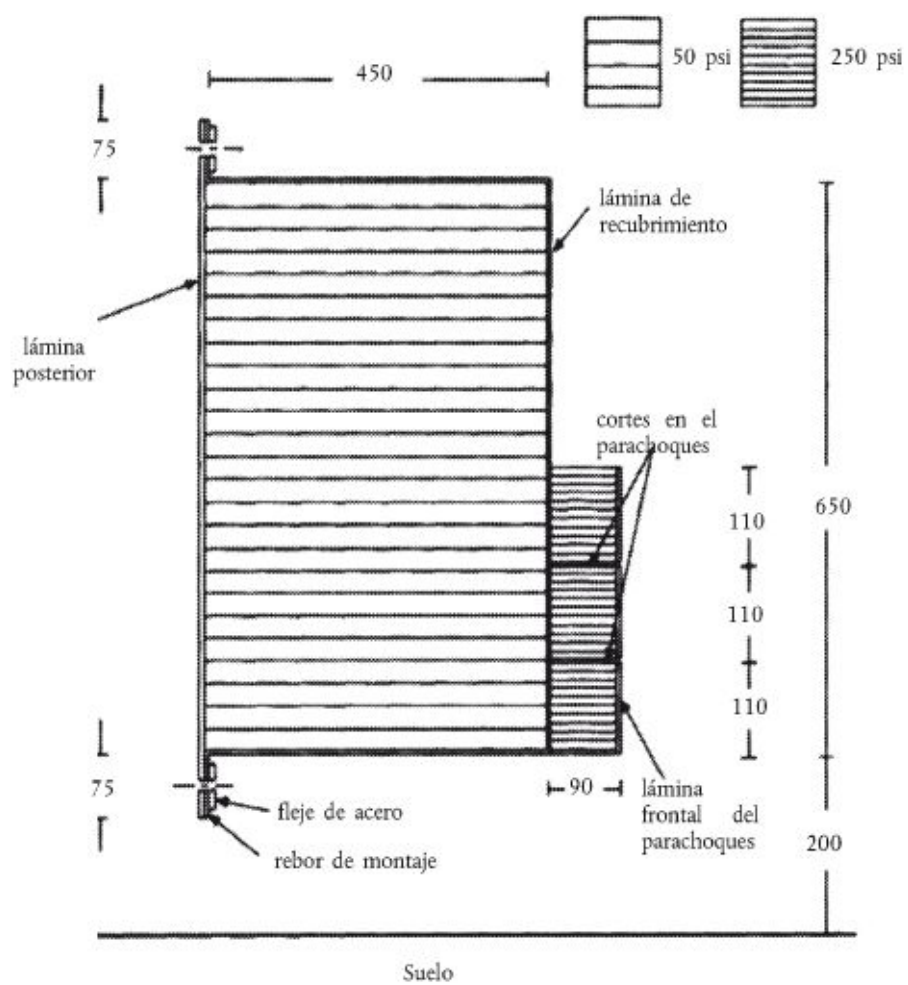
Anexos

TABLA 2. Ensayo de doblado. Diámetros de mandril

Grado del acero	Espesor e de la plancha (mm)	Diámetro D del mandril (mm)		Método de ensayo
		Plancha laminada en caliente	Plancha laminada en frío	
A 34 A 37 A 42 A 50	$e \leq 2$	1,5 e	0,5 e	INEN 110 INEN 122
A 34 A 37 A 42 A 50	$e > 2$	3 e	1,5 e	
A 34ES A 37ES A 42ES A 50ES	$e \leq 1,6$	0	0	
A 34ES A 37ES A 42ES A 50ES	$1,6 < e \leq 3,0$	0,5 e	0	
A 34ES A 37ES A 42ES A 50ES	$3,0 < e \leq 4,75$	e	0,5 e	
A 34E A 37E A 42E A 50E	$e \leq 3,0$	0,5 e E 2 e 3 e	0 0,5 e 1,5 e 2 e	
A 34E A 37E A 42E A 50E	$3,0 < e \leq 4,75$	0,5 e 1,5 e 2 e 2 e	0 0,5 e 1,5 e 2 e	

Figura 1

Barrera deformable para el ensayo de colisión frontal



Anchura de la barrera = 1 000 mm

Todas las dimensiones están en milímetros