



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

TEMA: “Análisis de la implementación de un airbag en el capo de vehículos tipo sedan usados en el transporte público y su incidencia en impactos frontales a peatones”

**AUTOR:
QUIGUANGO PINCHAO, JONATHAN AUGUSTO**

**DIRECTOR:
ING. MSC. IZA TOBAR, HENRY HERIBERTO**

**LATACUNGA
FEBRERO, 2022**



"La educación es la clave del futuro. La clave del destino del hombre y de posibilidad de actuar en un mundo mejor"

John F. Kennedy

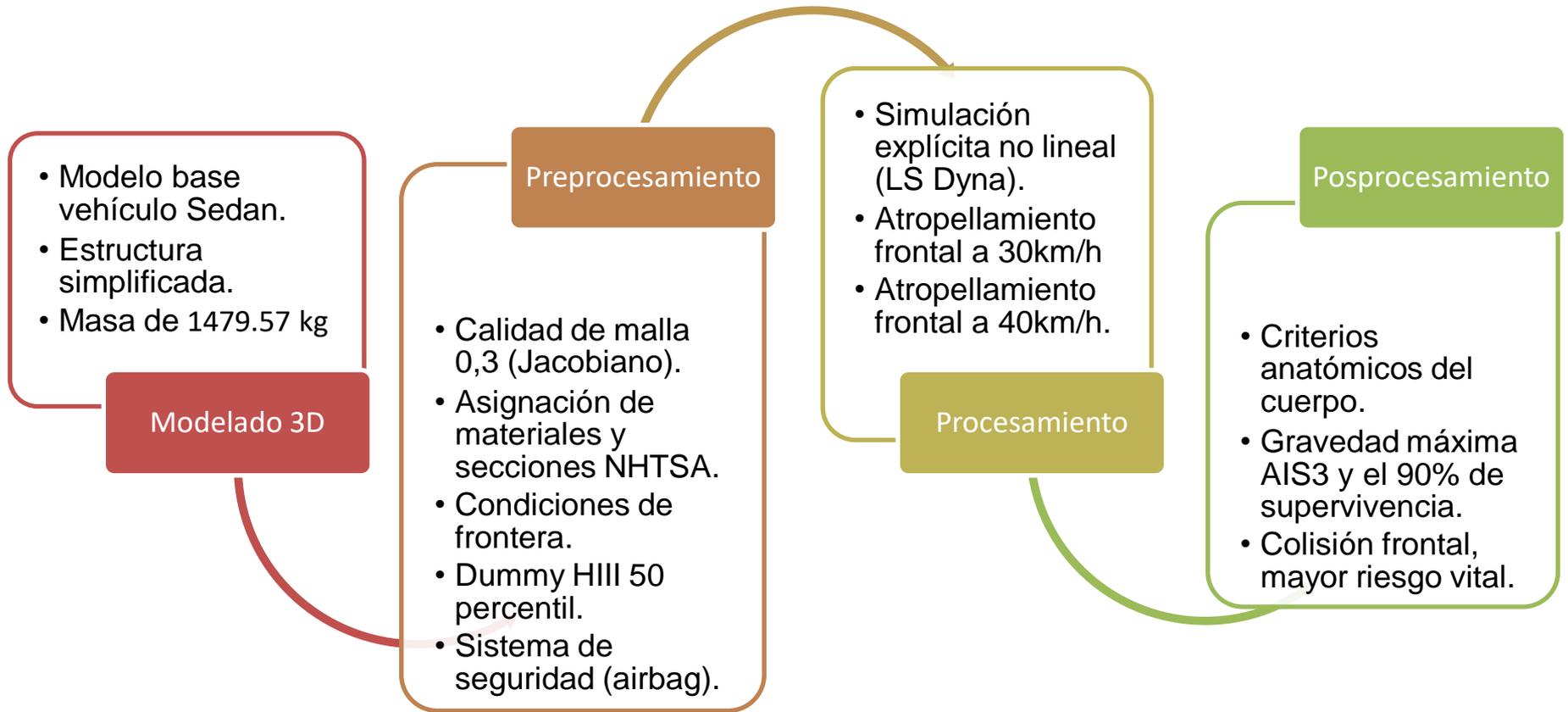


CONTENIDO

- Resumen
- Antecedentes investigativos
- Planteamiento del problema
- Justificación
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Hipótesis
- Equipos empleados en el estudio
- Tipología del accidente
- Modelado 3D
- Pre - procesamiento
- Procesamiento de la simulación
- Pos – procesamiento, análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



RESUMEN

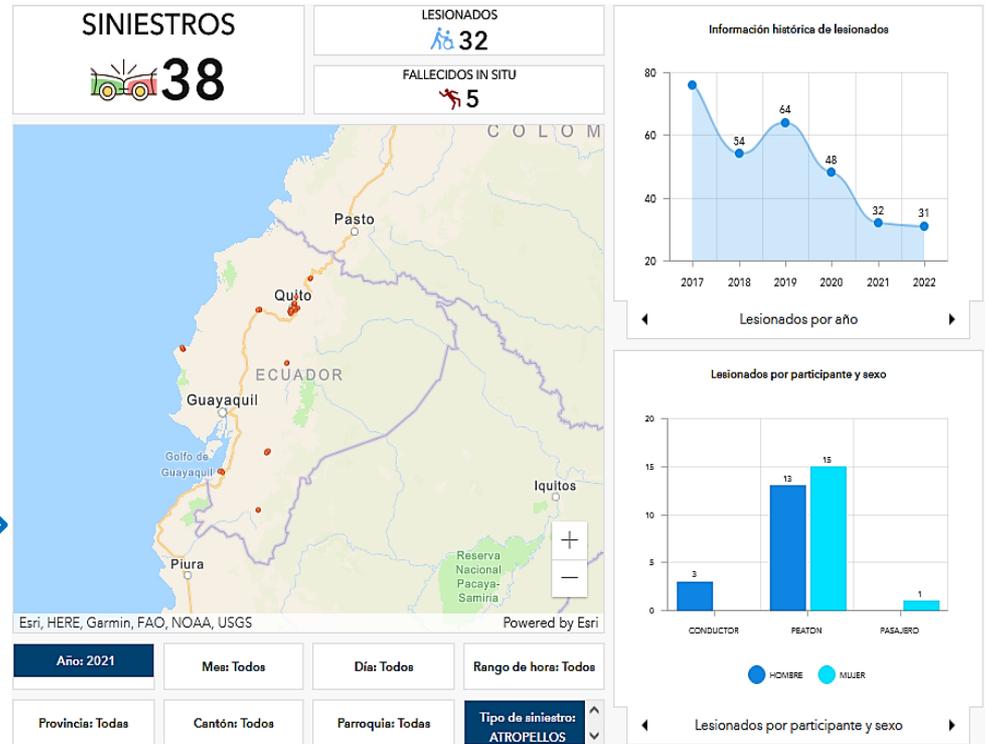


ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

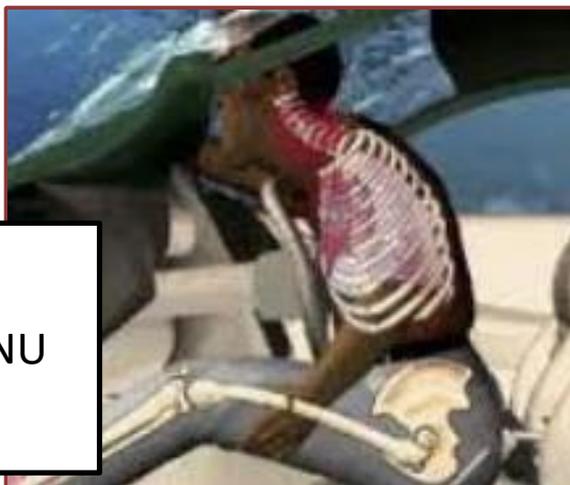
OMS



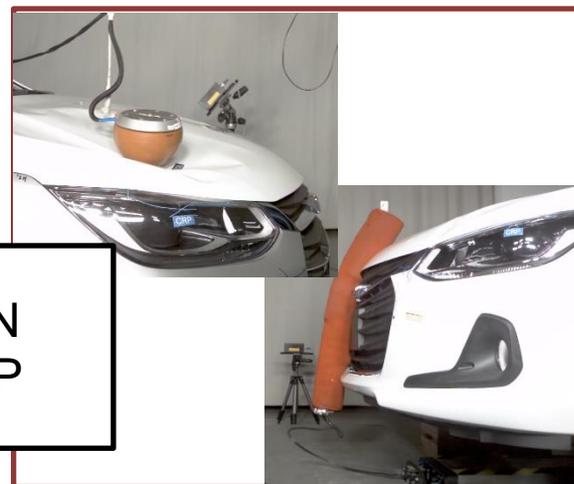
ANT



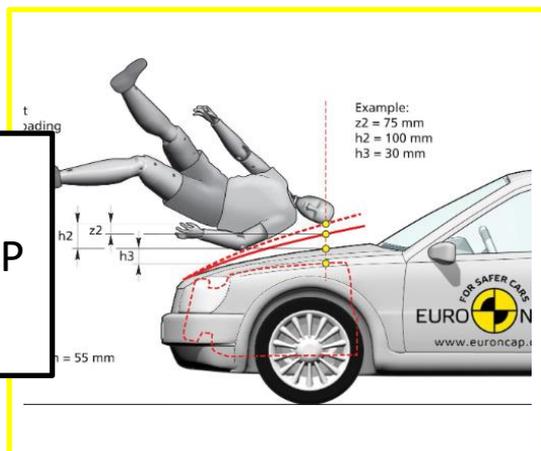
CEPE/ONU



LATIN NCAP



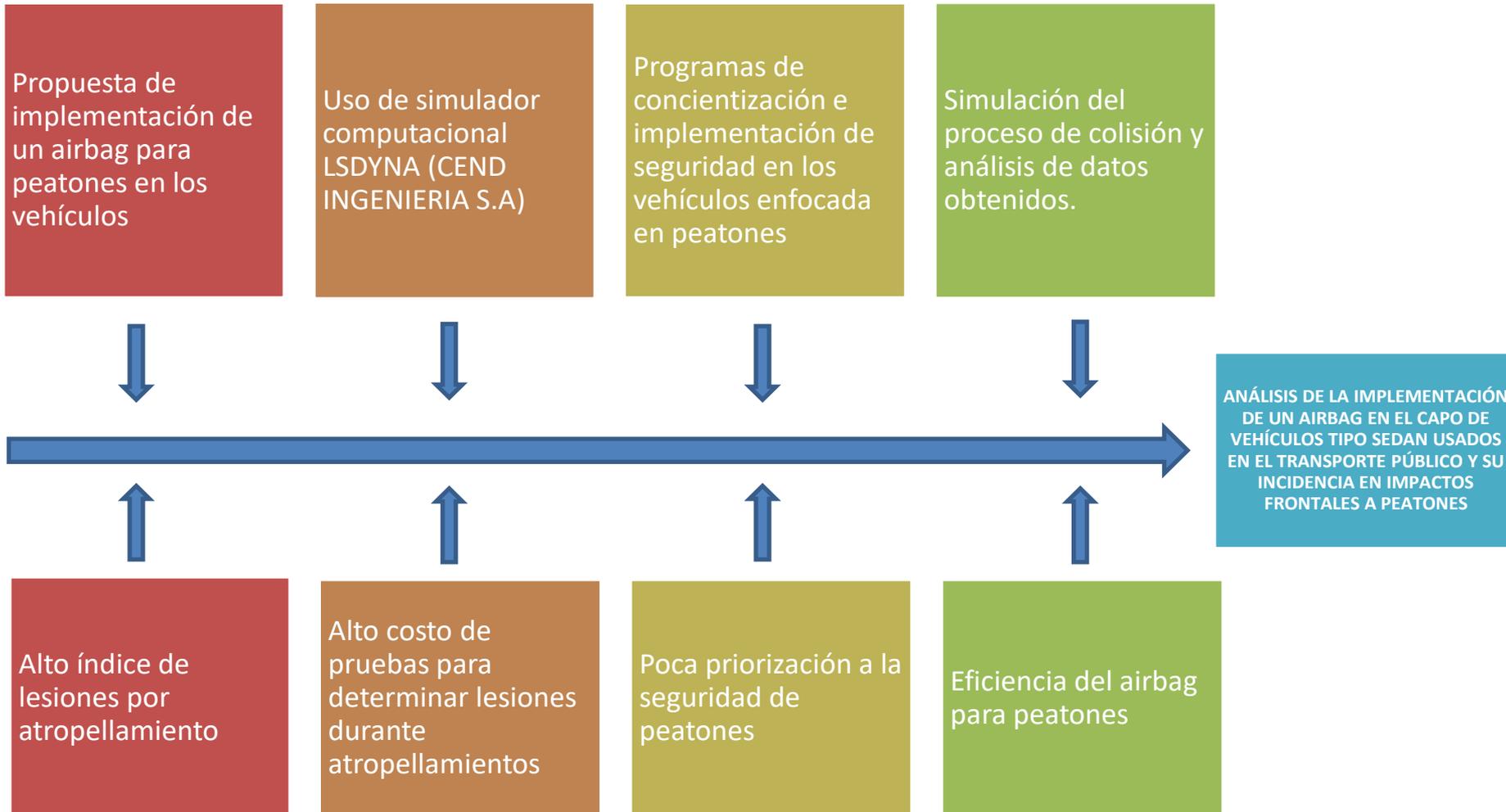
EURO NCAP



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN

- La utilización de bolsas de aire en los automóviles es cada vez mas común. Primero era solo el volante del conductor, luego se instaló en el tablero de instrumentos frente al pasajero. Actualmente en muchas zonas del vehículo. Es importante determinar la efectividad de los airbags montados en el capó (airbags para peatones) y si ayudan a reducir tanto las lesiones como las muertes en accidentes de tráfico. Este estudio es importante porque puede servir para validar el uso e implementación de este sistema en el Ecuador al momento de validar la efectividad de las bolsas de aire para peatones.
- El programa LS-Dyna se basa en un software desarrollado por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (LLNL) en la década de 1970. En la industria automotriz, se especializó en simulación de accidentes y ahorró mucho dinero gracias a las pruebas por computadora para detectar problemas de diseño.



OBJETIVO GENERAL

- Analizar la implementación de un airbag en el capo de vehículos tipo sedán usados en el transporte público y su incidencia en impactos frontales a peatones.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar un vehículo tipo SEDAN que represente un modelo realista comercializado en el país por medio de un programa de dibujo asistido por computadora CAD.
- Modelar sistema de airbag para reducir las lesiones peatones al producirse un atropellamiento por medio de un programa de dibujo asistido por computadora CAD
- Simular colisiones de atropellamiento frontal para identificar las lesiones producidas en el cuerpo humano por medio simulación computacional FEM empleando software de ingeniería asistida por computadora CAE.

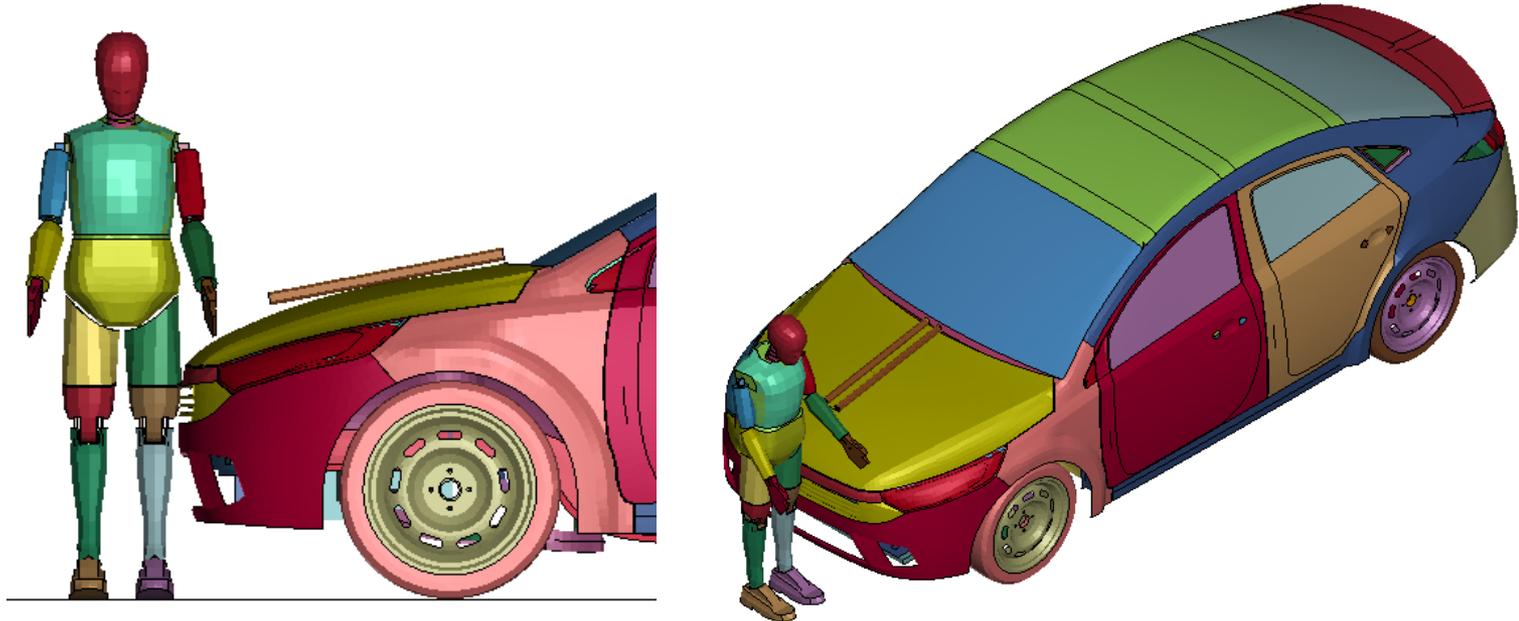


- Determinar el grado de incidencia de la colisión frontal con un vehículo respecto de las lesiones al cuerpo humano en base a las condiciones de ensayo computacional.
- Analizar la factibilidad de la implementación del sistema de airbag para reducir lesiones en peatones en colisiones de atropellamiento por medio de los resultados obtenidos de las simulaciones desarrollados por métodos virtuales.



HIPÓTESIS

¿El sistema de airbag implementando en el capo de automóvil reduce considerablemente las lesiones de peatones al producirse colisiones frontales contra vehículos livianos de tipo SEDAN'?

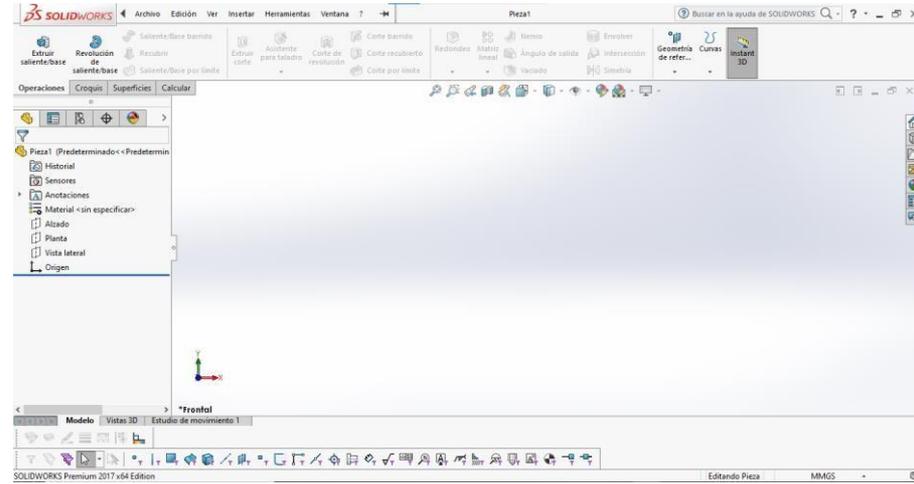


EQUIPOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO

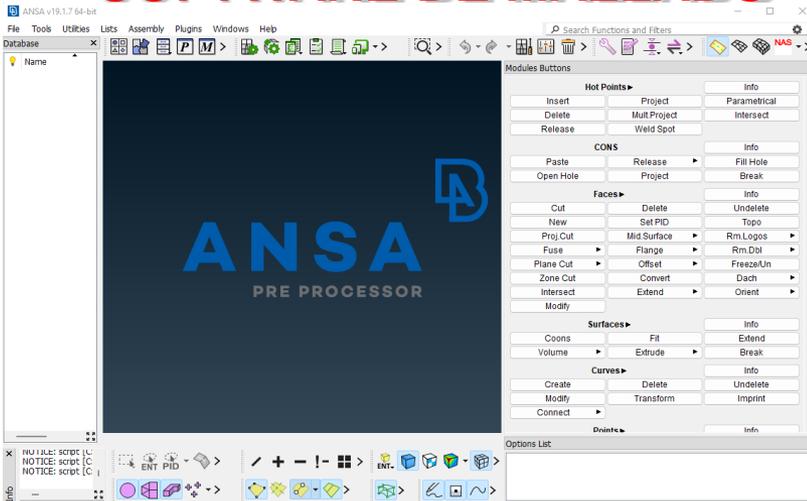
LAPTOP



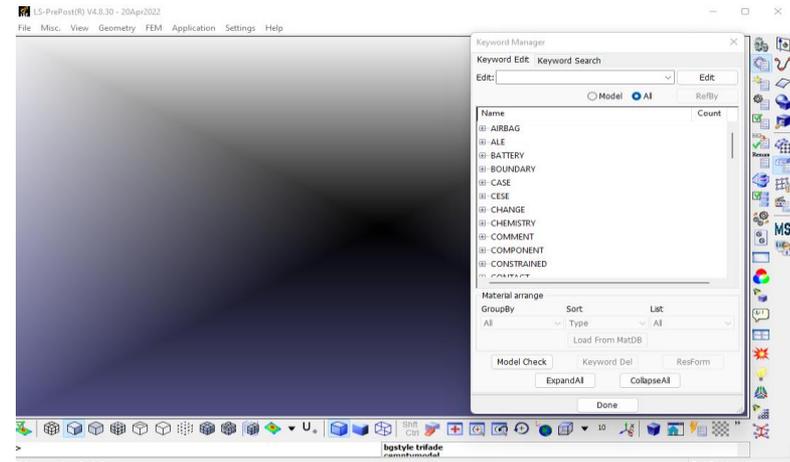
SOFTWARE DE DISEÑO



SOFTWARE DE MALLADO



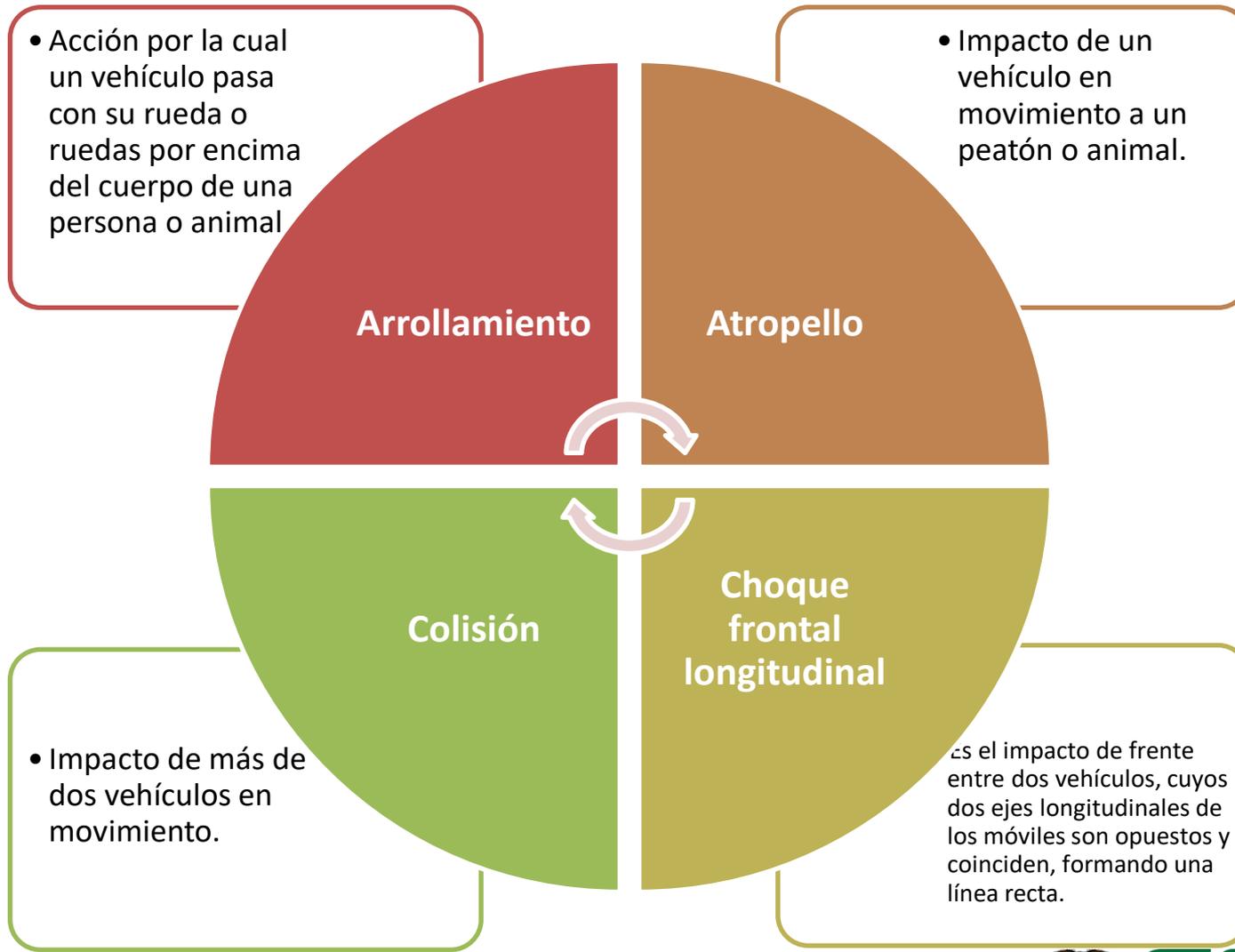
SOFTWARE DE SIMULACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TIPOLOGÍA DEL ACCIDENTE



MODELADO 3D

Vehiculo Sedan clasico (Diseño personal)

Configuracion Bastidor

Monocasco

Caracteristicas **Dimenciones**

Largo (mm) 4361

Ancho (mm) 1744

Alto (mm) 1480

Distancia entre ejes (mm) 2600

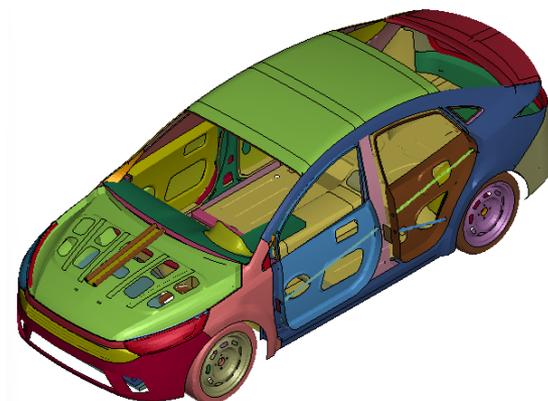
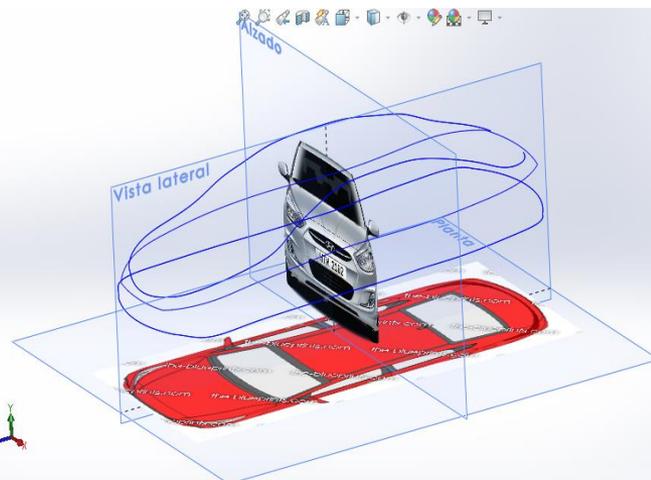
Neumaticos 175/70 R14

Peso neto vehicular (kg)

1450

Numero de pasajeros

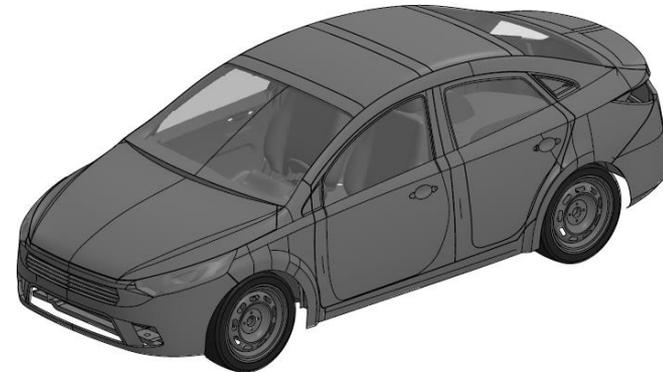
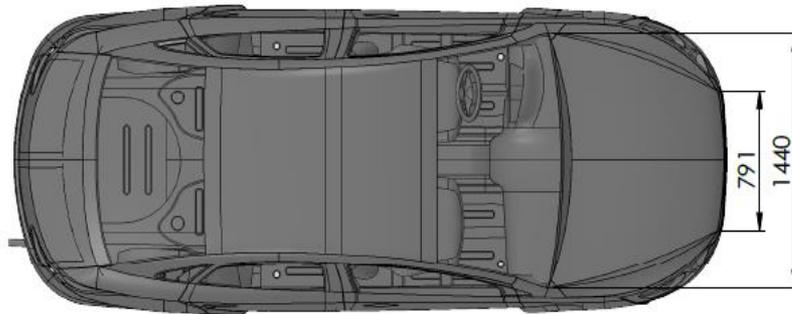
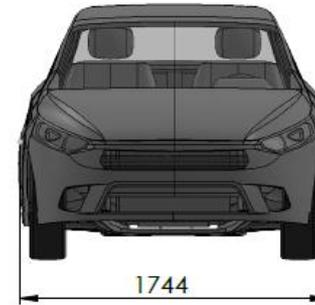
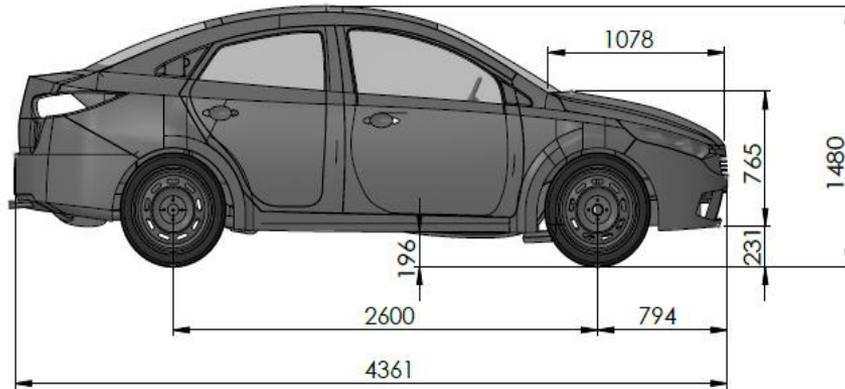
5



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

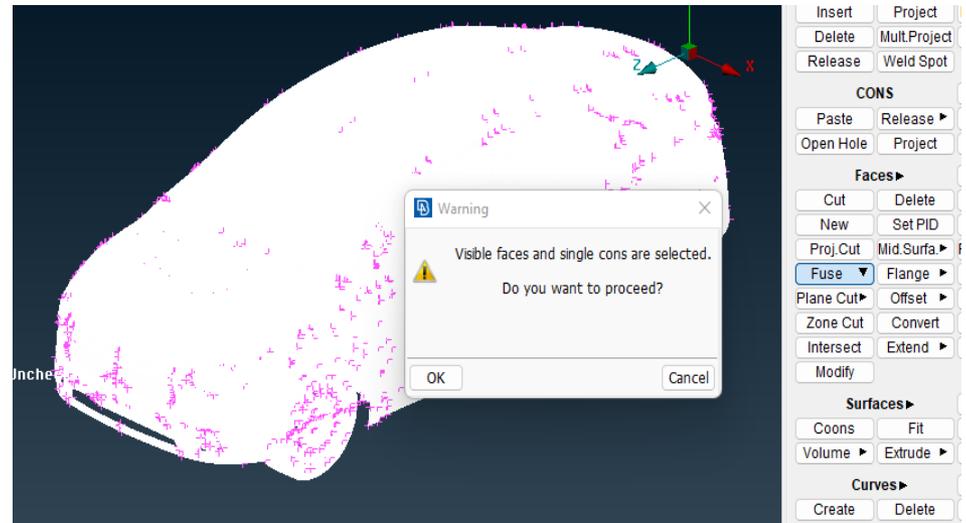
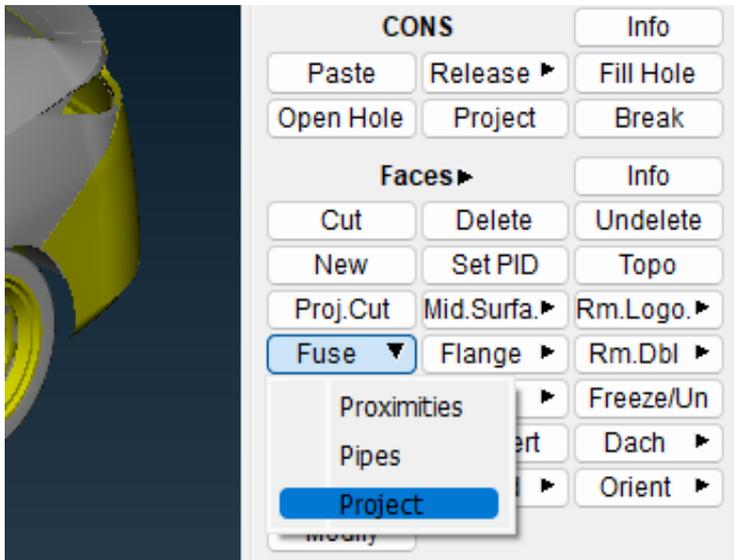


DIMENSIONES DEL MODELADO DEL VEHÍCULO

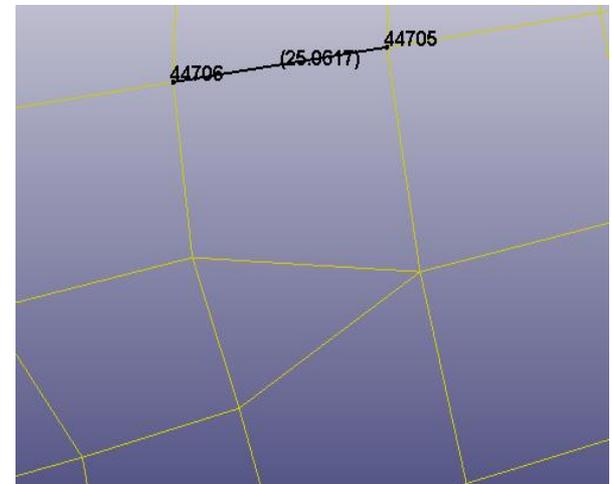
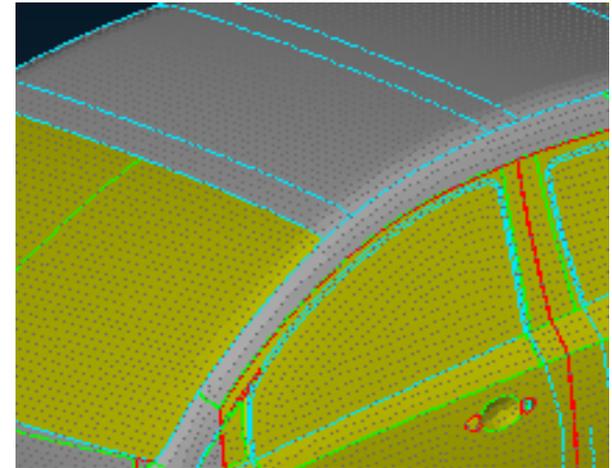
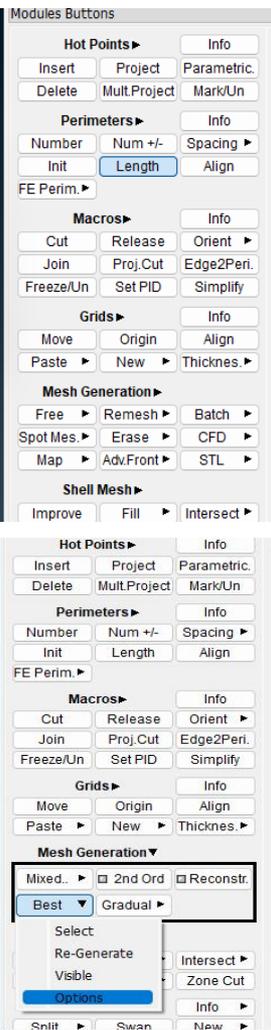
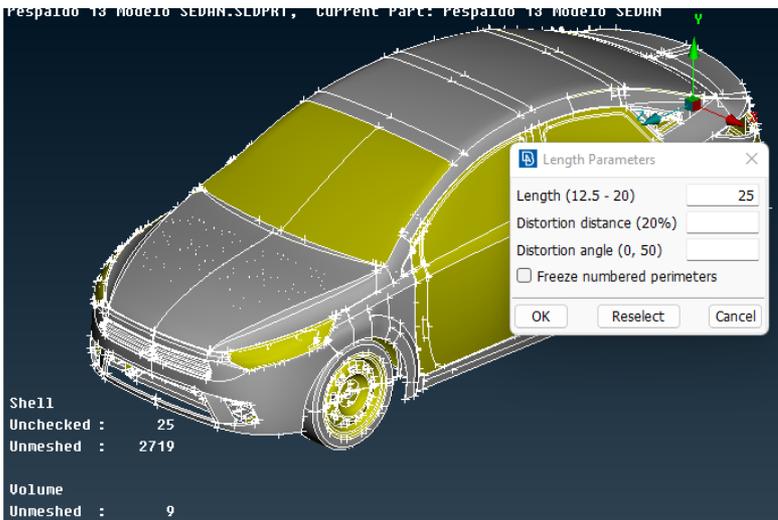


PRE – PROCESAMIENTO

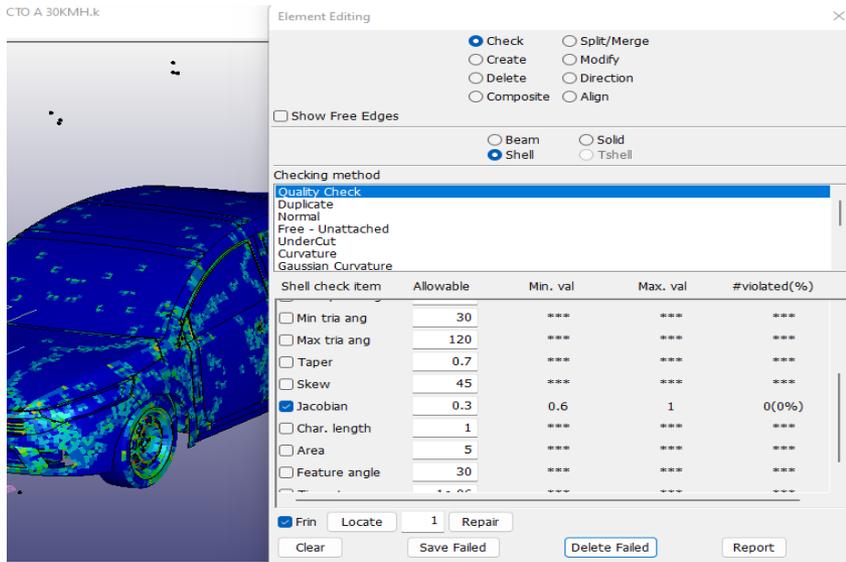
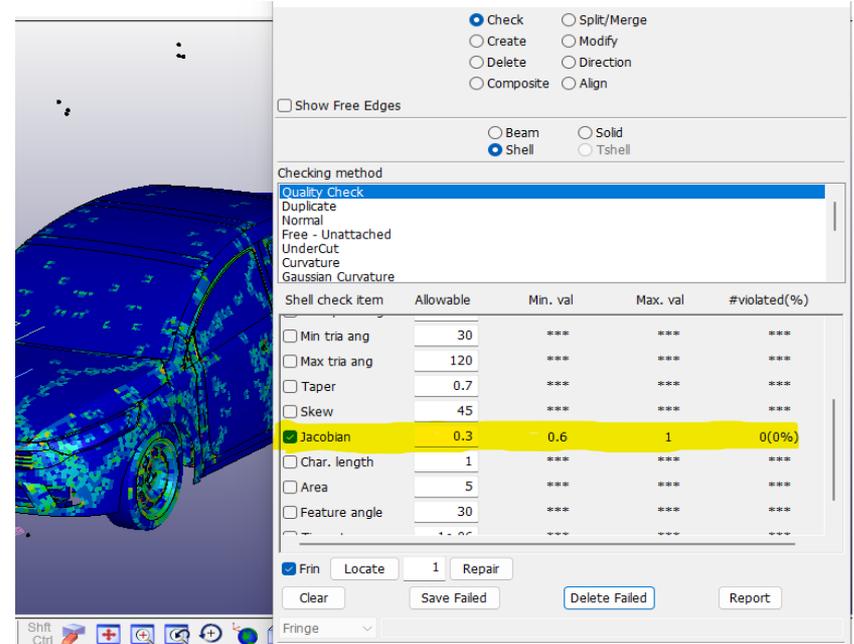
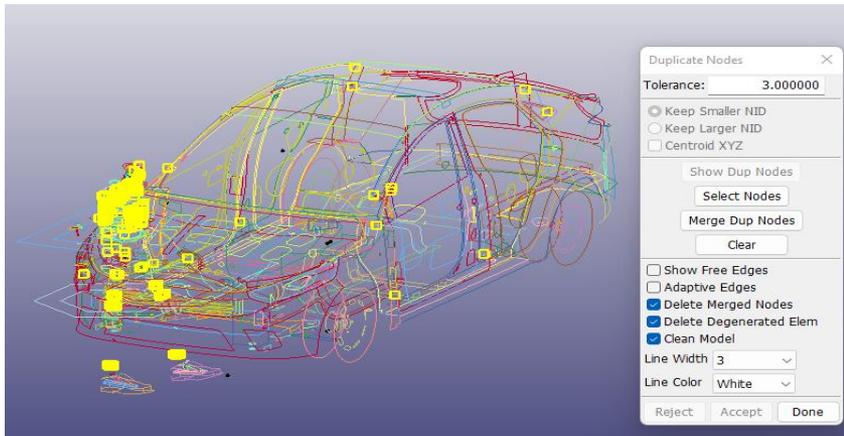
PREPARACIÓN DEL MODELO



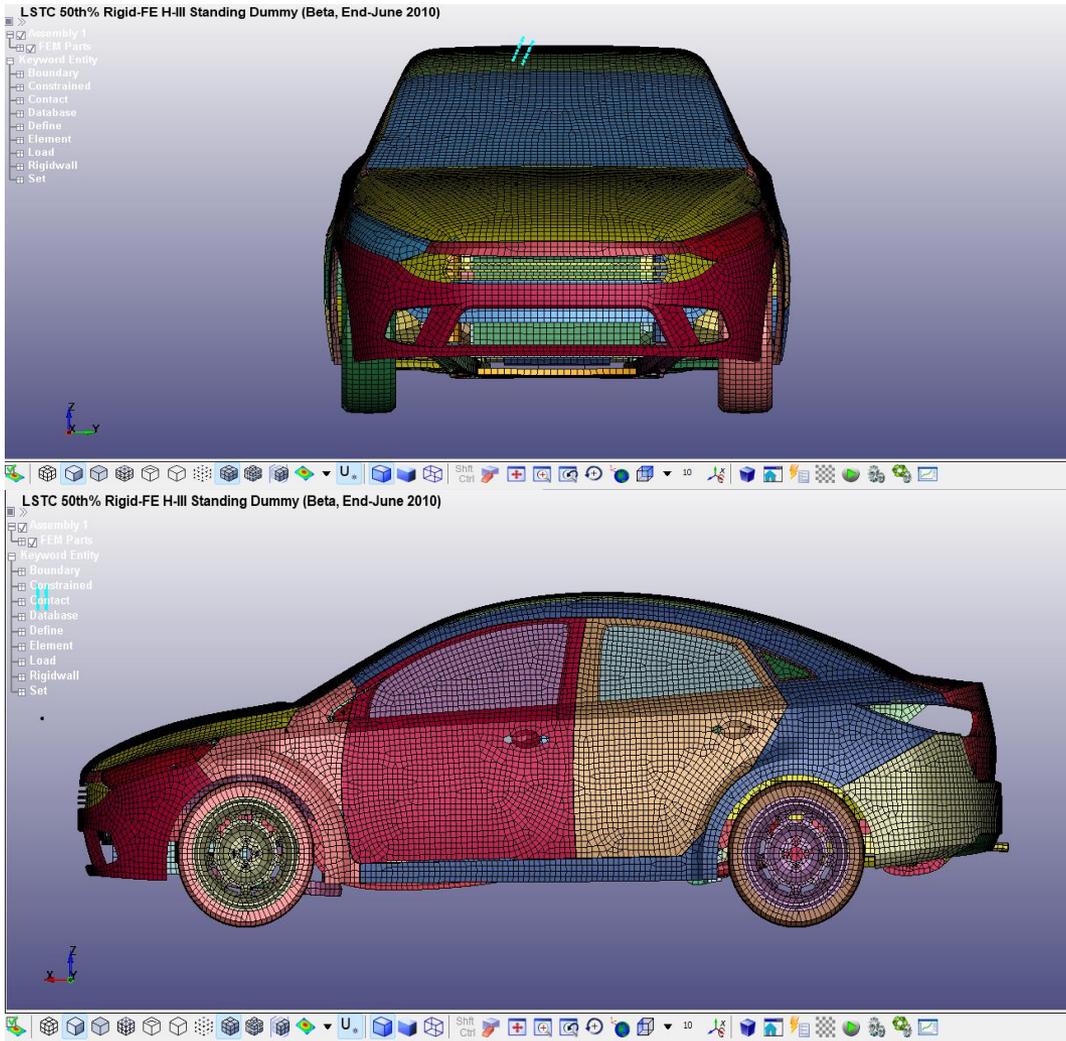
GENERACIÓN DE MALLA



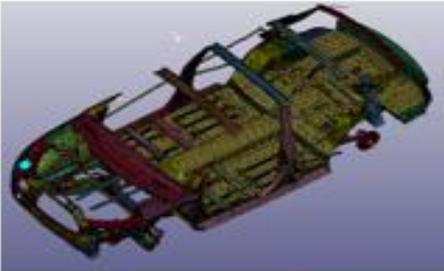
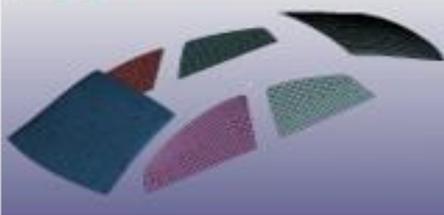
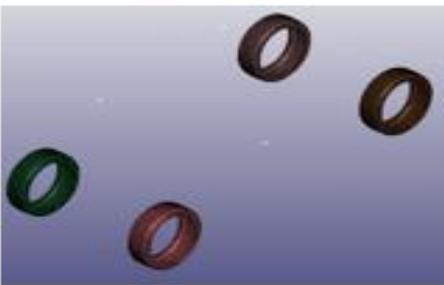
PREPARACIÓN DE LA MALLA FEM



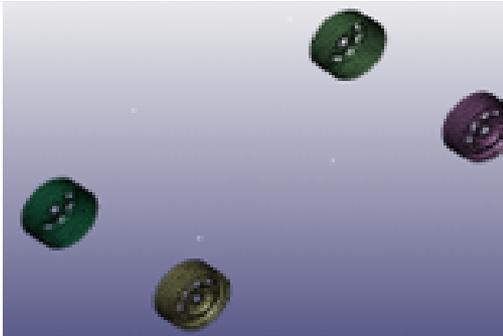
MALLA COMPLETA DEL MODELO



ASIGNACIÓN DE MATERIALES

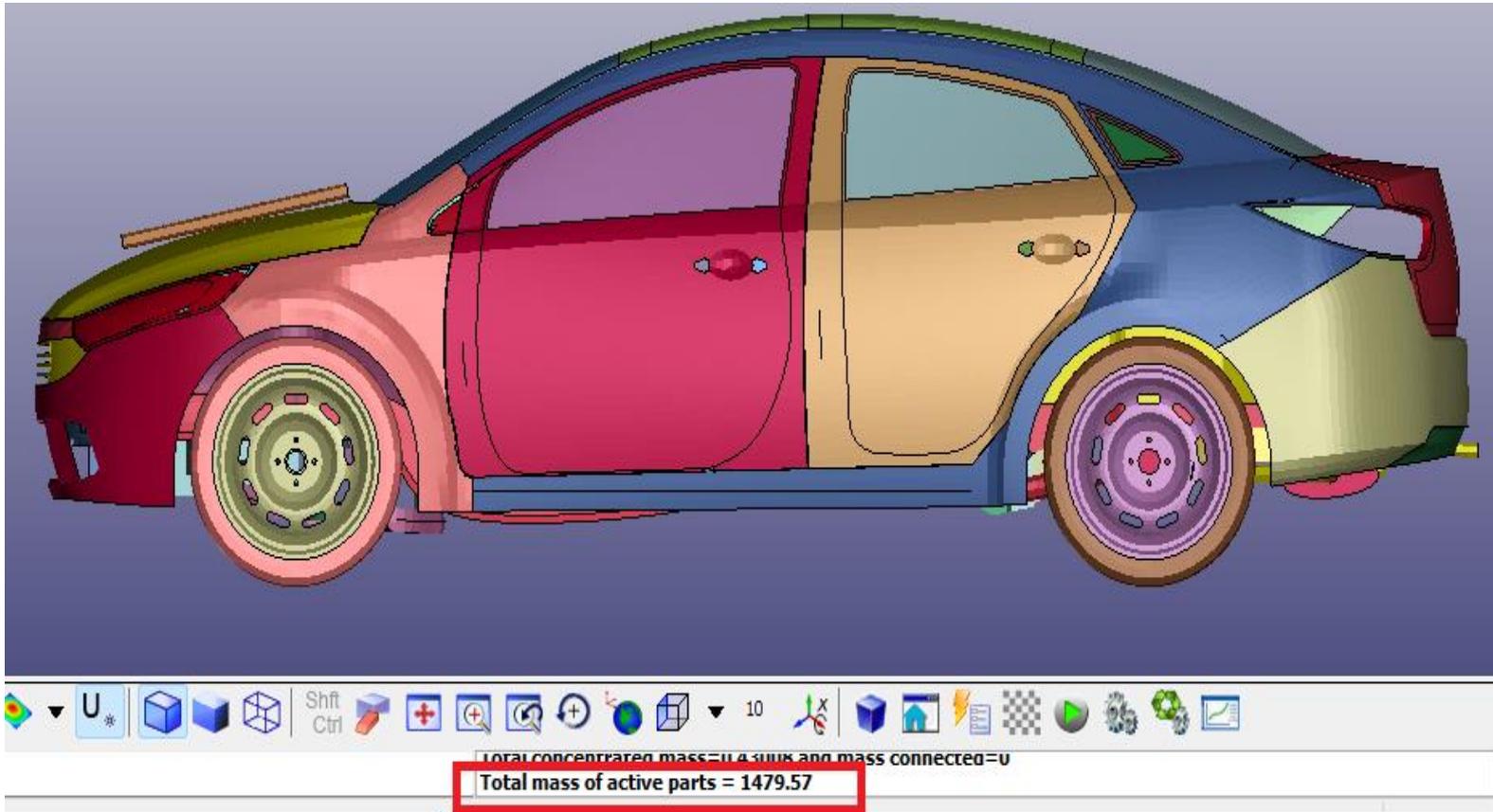
Grupo	Características del material	Figura de la sección
Bastidor estructural	<p>MAT_024 Acero</p> <p>Densidad de masa (kg/mm^3): 7.890e-06</p> <p>Módulo de Young (GPa): 200</p> <p>Radio de Poisson: 0.3</p> <p>Límite elástico (GPa): 0.40</p> <p>Sección (mm): 4.75</p>	
Elementos estructurales	<p>MAT_024 Acero</p> <p>Densidad de masa (kg/mm^3): 7.890e-06</p> <p>Módulo de Young (GPa): 200</p> <p>Radio de Poisson: 0.3</p> <p>Límite elástico (GPa): 0.271</p> <p>Sección (mm): 1</p>	
Vidrios y parabrisas	<p>MAT_123 Cerámico Metal</p> <p>Densidad de masa (kg/mm^3): 2.500e-06</p> <p>Módulo de Young (GPa): 70</p> <p>Radio de Poisson: 0.22</p> <p>Límite elástico (GPa): 0.03</p> <p>Sección (mm): 4</p>	
Ruedas	<p>MAT_024 Acero</p> <p>Densidad de masa (kg/mm^3): 7.890e-06</p> <p>Módulo de Young (GPa): 200</p> <p>Radio de Poisson: 0.3</p> <p>Límite elástico (GPa): 0.271</p> <p>Sección (mm): 8</p>	



Grupo	Características del material	Figura de la sección
Rines	MAT_024 Acero Densidad de masa (kg/mm ³): 7.890e-06 Módulo de Young (GPa): 200 Radio de Poisson: 0.3 Límite elástico (GPa): 0.271 Sección (mm): 12	

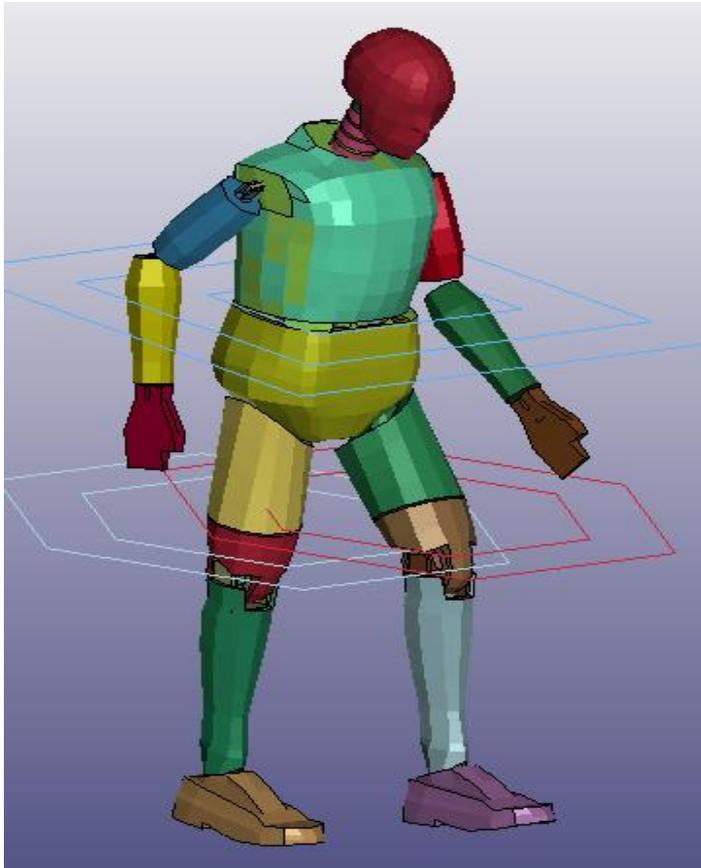


PESO NETO VEHICULAR DEL MODELO

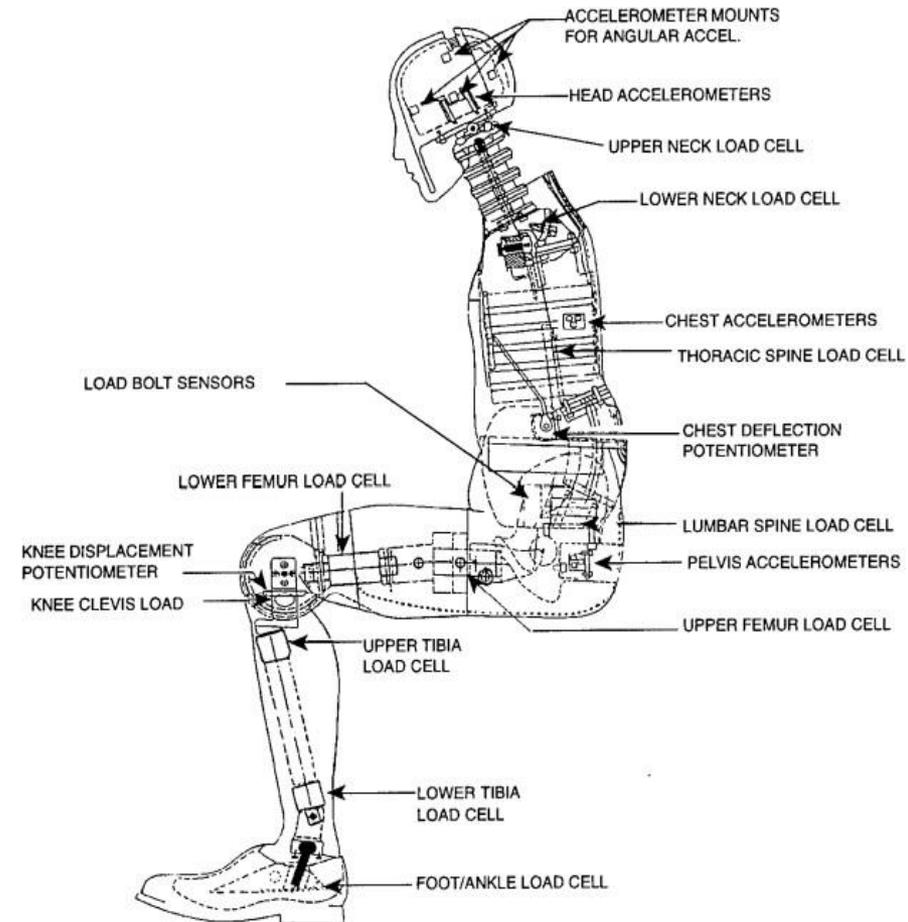


DUMMIE PARA ENSAYO

Dummy Fast Híbrido III 50 Percentil



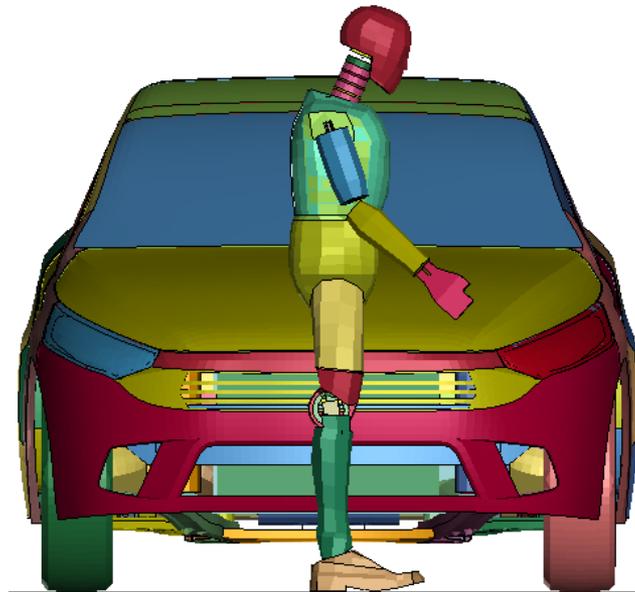
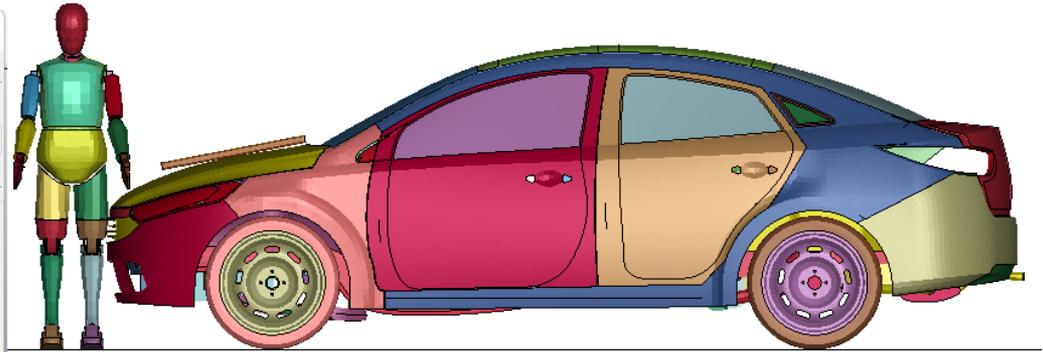
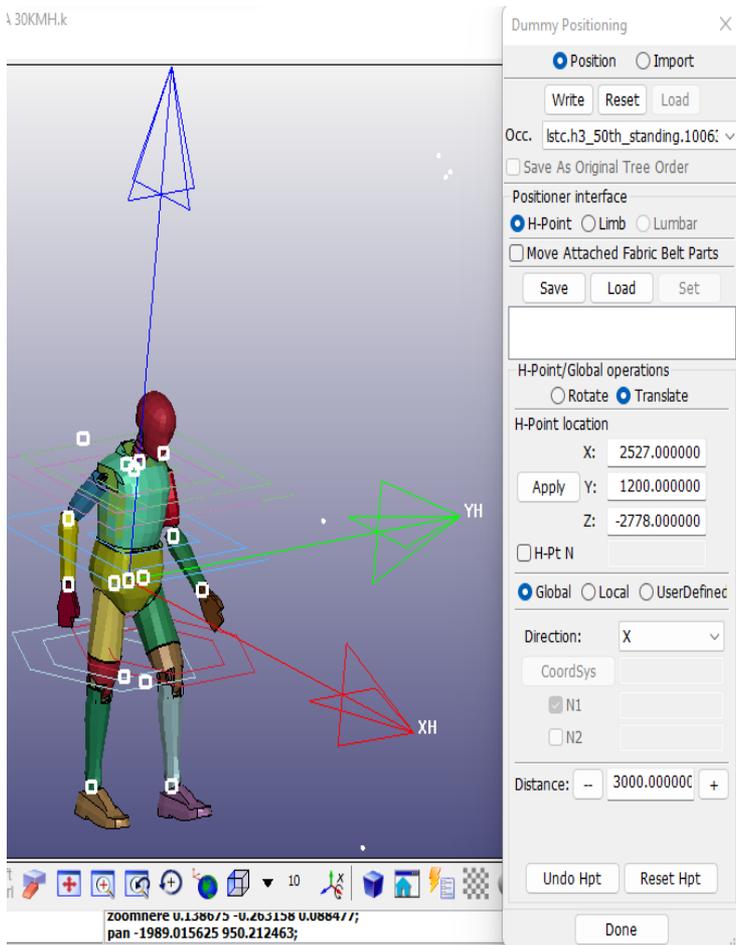
78,987 kg



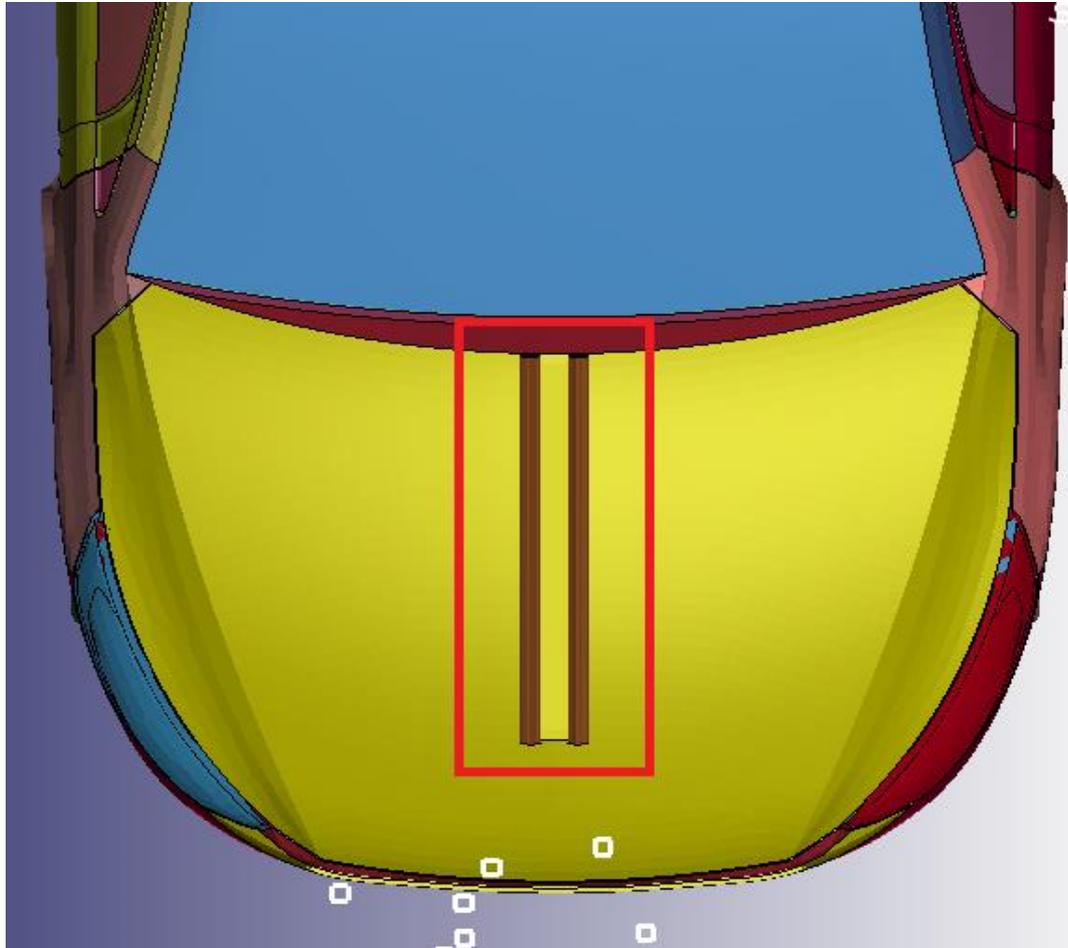
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



POSICIÓN DEL DUMMY PARA LA SIMULACIÓN

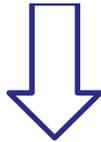
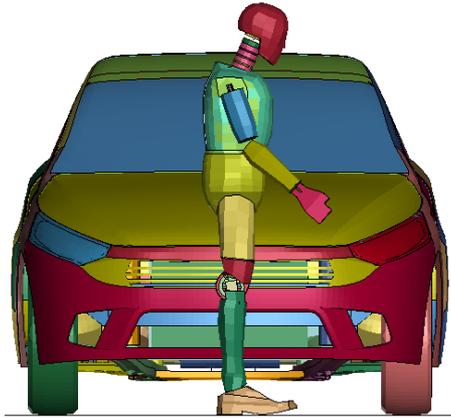


UBICACIÓN DEL AIRBAG

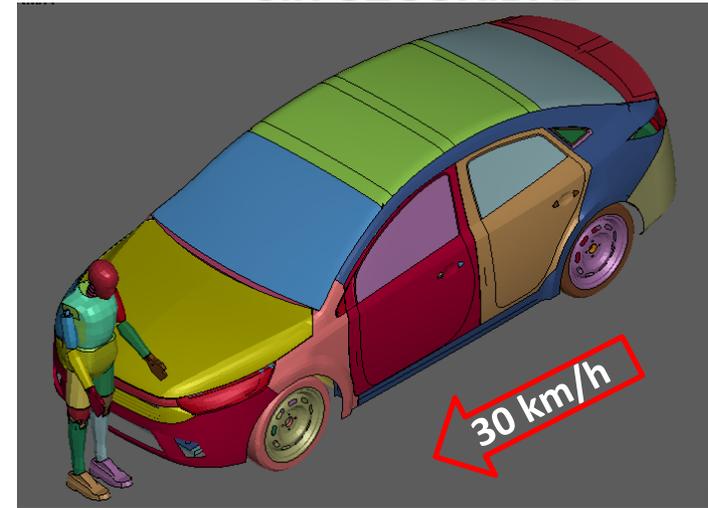


PROCESAMIENTO DE LA SIMULACIÓN

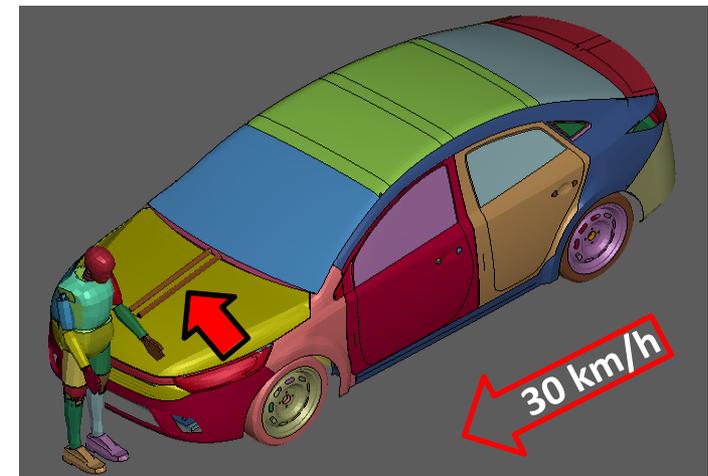
Atropellamiento



SIN SEGURIDAD



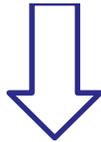
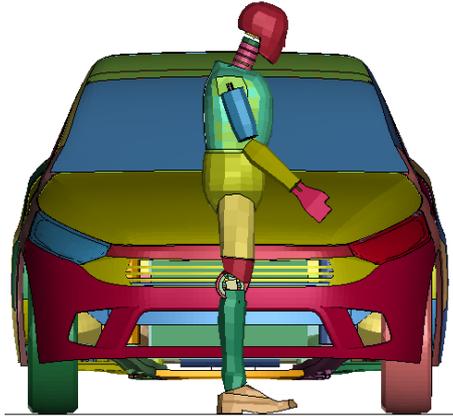
CON SEGURIDAD



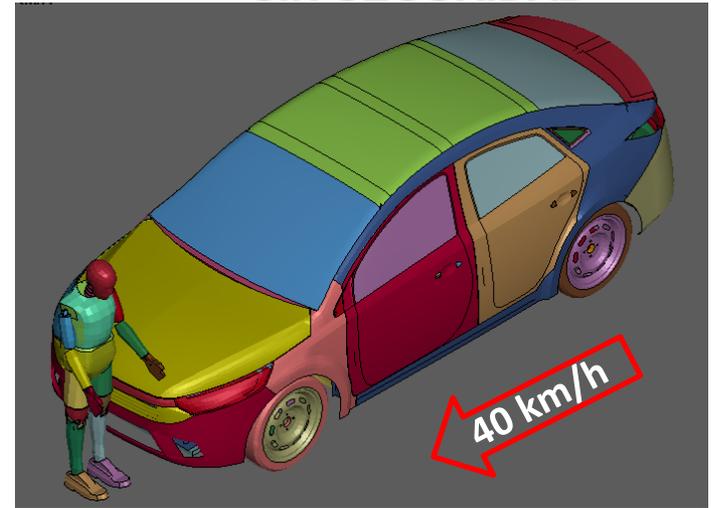
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



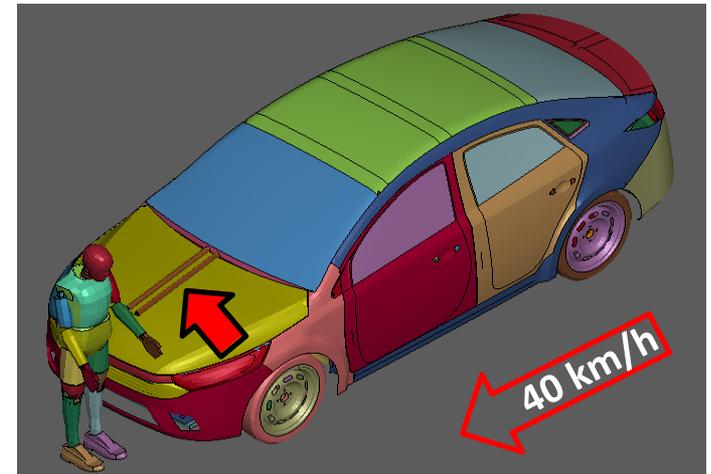
Atropellamiento



SIN SEGURIDAD



CON SEGURIDAD



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



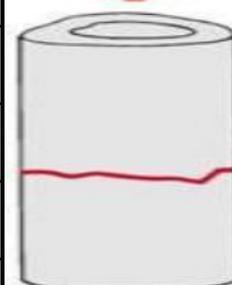
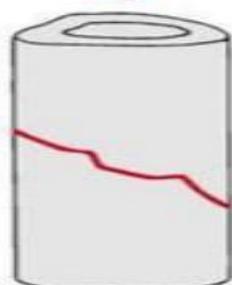
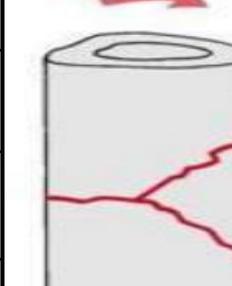
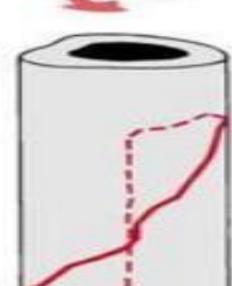
POS-PROCESAMIENTO - ANÁLISIS DE RESULTADOS

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterio de lesión		Unidad	Sin seguridad HIII 50%	Con seguridad HIII 50%
HIC	HIC15	-	526.2	246.7
Lesión del cuello NIC	NIC Tracción	kN	-0.46	-0.36
	NIC Cizalladura	kN	-1.76	3.20
	NIC Momento de flexión “y”	Nm	-26.5	-24.5
Compresión del tórax	ThCC	Mm	-3.2	3.25
Fuerza sobre la pelvis PSPF	Izquierda	kN	51.4	57.1
	Derecha	kN	32.7	40.5
Fuerza del fémur FFC	FFC Derecha	kN	-12.4	-12
	FFC Izquierda	kN	3.5	5.19
Comportamiento de la Tibia	Fuerza de compresión	kN	9.19	6.88
	Índice TI	-	6.98	8.74



LESIONES COMUNES DE LA ANATOMÍA CORPORAL

Criterio de evaluación	Descripción de lesión	AIS	Referencia	
			Tensión	Compresión
HIC15	Daño cerebral.	AIS≥4.		
	Riesgo de fractura del cráneo.	AIS≥4.		
NIC-Tracción	Riesgo de traumas en el cuello.	AIS ≥3.		
NIC-Cizalladura	Fracturas de lesiones y ligamentos.	AIS≥2.		
NIC-Momento de flexión	Riesgo de estrés en el ligamento cabeza-cuello.	AIS≥3.		
ThCC	Fractura de costillas y esternón.	AIS≥3.		
	Lesión del tórax móvil.	AIS≥4.		
FFC	Fractura del fémur.	AIS≥2. AIS≥3.		
Tibia	Fractura de la tibia.	AIS≥2.		
Índice TI	Mayor a 1.3	AIS≥2.		
Movimiento de la articulación en la rodilla	Fracturas de lesiones y ligamentos. Límite de falla del ligamento cruzado.	AIS≥2.		
PSPF	Fractura cerrada de pelvis	AIS≥2.		
APF	Contusión o abrasión abdominal	AIS≥2.		

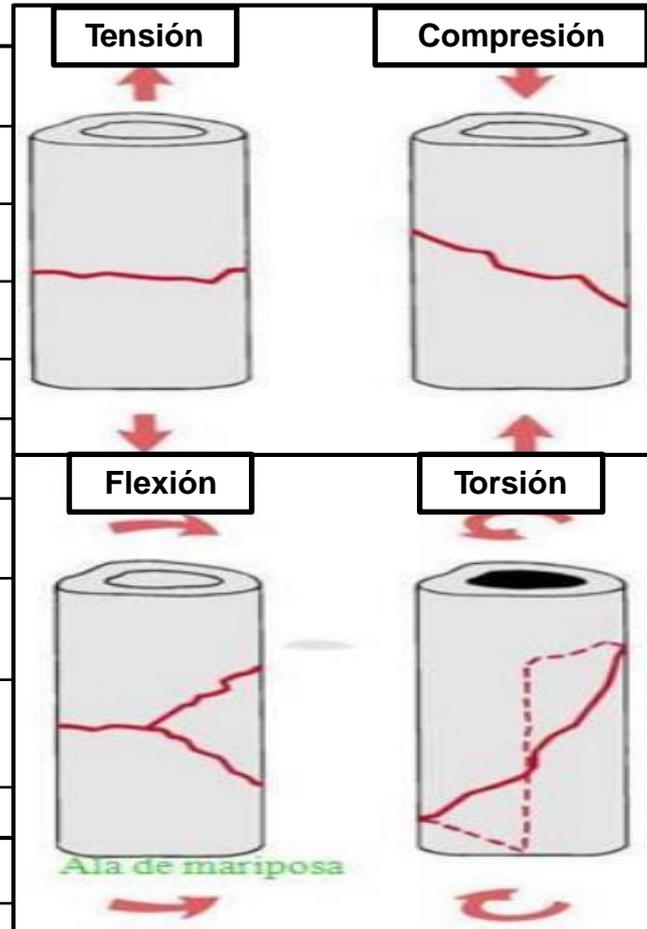
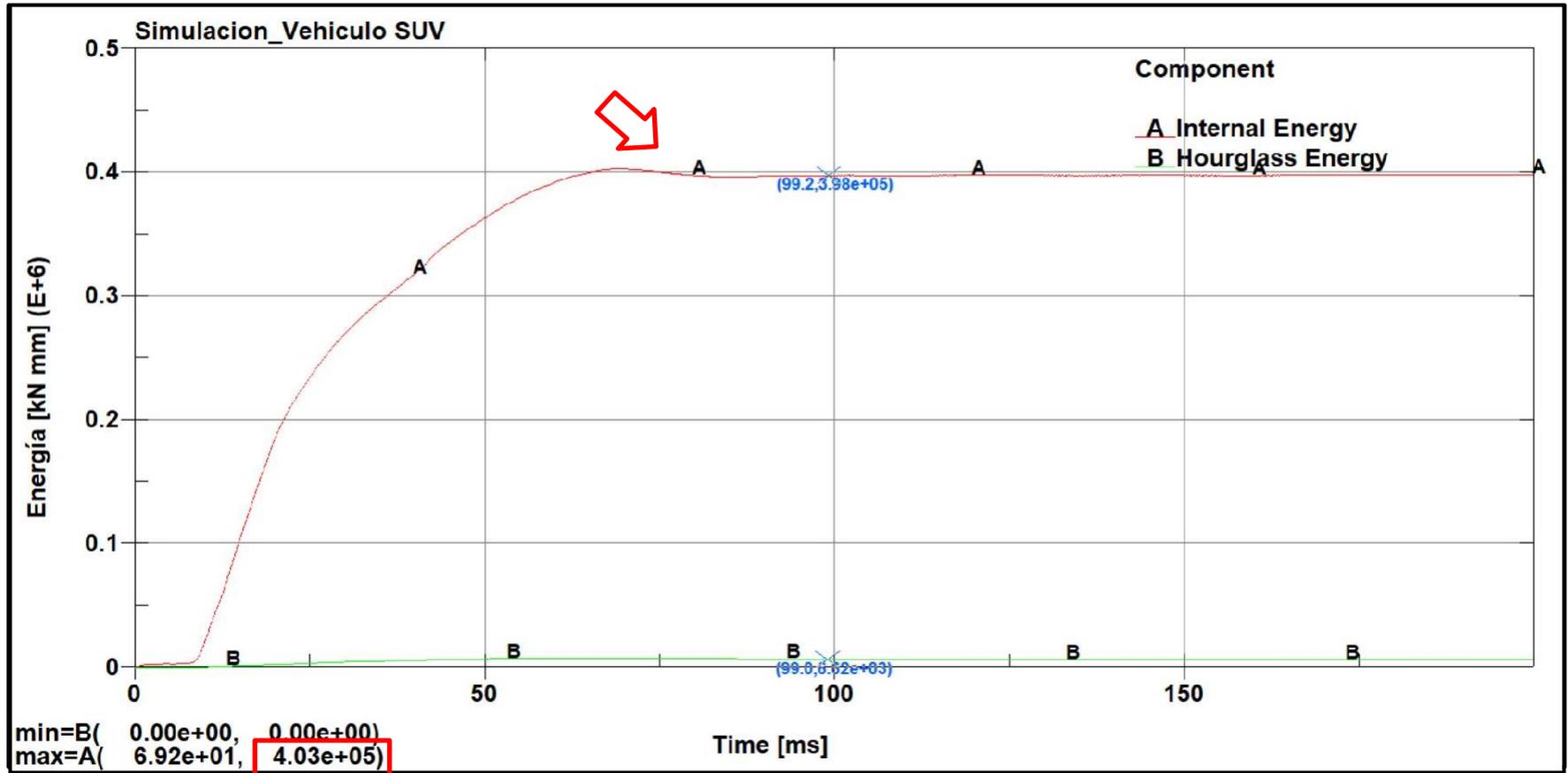


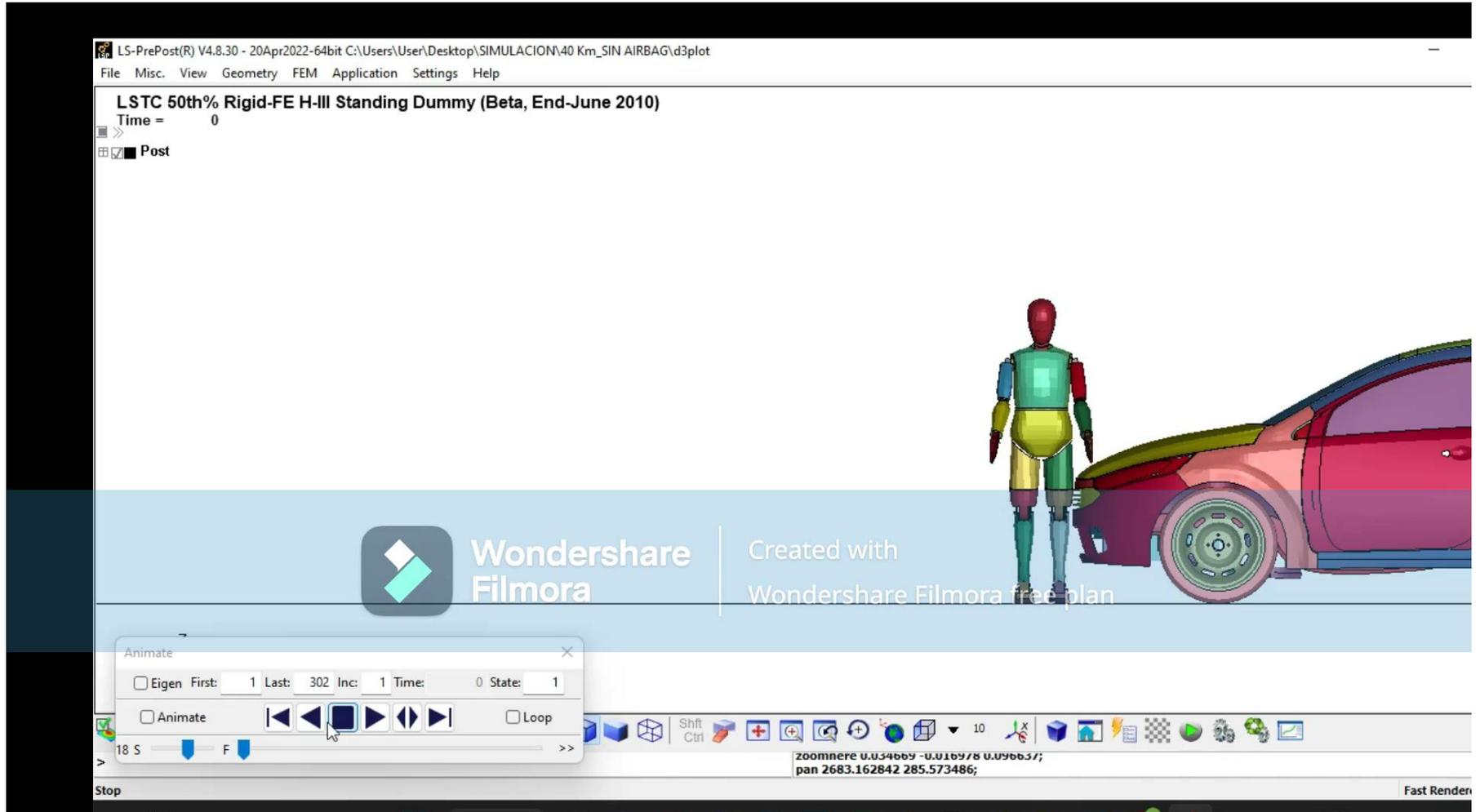
DIAGRAMA DE ENERGÍAS



$H = 1,66 \%$



COLISIÓN FRONTAL SIN SEGURIDAD



GRAVEDAD DE LESIÓN – ATROPELLAMIENTO SIN AIRBAG

Criterio de evaluación	Valor máximo		Unidades	Gravedad de lesión
	30 km	40 km		
HIC 15	526.2	1132	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, 1.7% y 30%.
NIC-Tracción	-0.46	-0.48	kN	HIII-50 percentil, 1% para cada una.
NIC-Cizalladura	-1.76	2.48	kN	HIII-50 percentil, sin fractura.
NIC-Momento de flexión	-26.5	-34.3	Nm	HIII-50 percentil, 0.1% para cada una. Sin fractura.
ThCC	-3.2	-5.79	Mm	AIS \geq 3 y AIS \geq 4. HIII-50 percentil, sin fractura.
PSPF Izquierda	51.4	66.3	kN	HIII-50 percentil, 100% para cada una.
PSPF Derecha	32.7	50	kN	HIII-50 percentil, 100% para cada una.
FFC Izquierda	-12.4	-12.4	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 25.1% y 60%. HIII-50 percentil, 25.1% y 60%.
FFC Derecha	3.5	4.95	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 1.68% y 2.08%. HIII-50 percentil, 4.61% y 3.59%.
Tibia	9.19	35.2	kN	HIII-50 percentil, 85% y 100%
Índice TI	6.98	12.7	-	Mayor a 1.3, Fractura.



GRAVEDAD DE LESIÓN – ATROPELLAMIENTO CON AIRBAG

Criterio de evaluación	Valor máximo		Unidades	Gravedad de lesión
	30 km	40 km		
HIC 15	246.7	134.2	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, 7% para cada una.
NIC-Tracción	-0.36	-0.39	kN	HIII-50 percentil, 1% para cada una.
NIC-Cizalladura	3.20	2.07	kN	HIII-50 percentil, sin fractura.
NIC-Momento de flexión	-24.5	-45.9	Nm	HIII-50 percentil, 0.1 % para cada una. Sin fractura.
ThCC	3.25	-3.5	mm	AIS \geq 3 y AIS \geq 4. HIII-50 percentil, sin fractura.
PSPF Izquierda	57.1	73.5	kN	HIII-50 percentil, 100% para cada una.
PSPF Derecha	40.5	30.1	kN	HIII-50 percentil, 100% para cada una.
FFC Izquierda	-12	-8.5	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 25% y 59%. HIII-50 percentil, 10.1% y 25%.
FFC Derecha	5.19	-11.9	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 4.8% y 5.12%. HIII-50 percentil, 23% y 58.2%.
Tibia	6.88	-11.6	kN	HIII-50 percentil, 48% y 95%.
Índice TI	8.74	9.18	-	Mayor a 1.3, Fractura.



CONCLUSIONES

- Se modeló un vehículo tipo Sedan en base a las características de los tres modelos más comercializados en el país correspondiente al sector de transporte público tipo taxi, de dimensiones principales como: distancia entre ejes de 2 600 mm, voladizo delantero de 534 mm, voladizo posterior de 996 mm, ancho total de 1 744 mm y alto total de 1 480 mm, con una masa total de 1 479.57 kg.
- Se modeló un sistema de airbag con característica rectangular el cual cubre más de 80% del área que comprende el capo, de las siguientes dimensiones: ancho de 1200 mm y profundidad de 700 mm. En relación a su efectividad para reducir lesiones se comprobó su buen desempeño en casos de atropellamiento.
- En el posprocesamiento del atropellamiento frontal del vehículo tipo Sedan, el análisis de las lesiones anatómicas, se basó en 6 criterios, es así que el ensayo sin seguridad a 40 km/h presentó un grave riesgo AIS 5 sin pérdida de vida humana localizada en la cabeza con HIC15 de 1132, de la misma manera el HIC15 a 30 km/h es 526.2, donde la gravedad de riesgo en daño cerebral o fractura del cráneo fue de 1.7 % y 25% para el peatón, en los demás criterios se obtuvo alta probabilidad de riesgo equivalente a fracturas con AIS \geq 2 y AIS \geq 3. Al implementar la seguridad pasiva los criterios disminuyeron de forma significativa, a excepción de la deflexión en la pelvis y la fractura en el fémur, donde el valor característico es alto pero se encuentra dentro del rendimiento mínimo de seguridad.



- Mediante la simulación de atropellamiento frontal se determinó que es susceptible a generar riesgos de fracturas o lesiones anatómicas en el cuerpo humano ficticio. La implementación de un airbag en el capo incide en la reducción gradual de las lesiones. Centrado en el criterio de lesión de la cabeza, el HIC15 es de 1132 a una velocidad de 40km/h, lo cual es un alto riesgo de fractura y lesión de rango moderado y alto riesgo vital evaluado entre un $AIS \geq 2$ y $AIS \geq 4$. Con la colocación del airbag se presentó una reducción en el impacto sobre la cabeza con valores dentro del rendimiento de seguridad establecido bajo norma, con valores de HIC15 de 246.7 y 134.2 a 30 km/h y 40 km/h respectivamente, aunque los valores fueron relativamente bajos y en la mayoría de criterios garantiza la seguridad, en el caso de la pelvis y fémur no cumplen con lo requerido. Finalmente se estima que el grado de impacto sobre la cabeza depende directamente de la posición del dummy, tamaño corporal del humano y la velocidad de impacto.
- Se analizó la factibilidad de implementar un sistema airbag en el capo del vehículo con la finalidad de reducir las lesiones que pueda sufrir un peatón en casos de atropellamiento, los resultados obtenidos en las simulaciones nos dan indicios de la efectividad que tendría la implementación de un airbag para peatones, en el caso específico de la simulación de 40 km/h con airbag y sin airbag el HIC15 de 1132 y 134.2 respectivamente, con lo cual queda en evidencia la efectividad del airbag para peatones en su objetivo de reducir lesiones mortales durante un atropellamiento.



RECOMENDACIONES

- Analizar otras partes del maniquí para identificar riesgos asociados a diferentes partes del cuerpo humano, como el hombro, otra zona vulnerable.
- Investigar varios criterios correspondientes a la calidad de la malla del elemento, para que los resultados obtenidos durante el posprocesamiento sean más confiables.
- Realizar más simulaciones de la posición simulada y la velocidad del vehículo, comparar los resultados y considerar el diseño y los materiales del vehículo para futuras investigaciones.
- Desarrollar un estudio detallado de los materiales textiles utilizados en bolsas de aire en relación con las características y propiedades utilizadas en el software de simulación.
- Realizar un estudio primario de las características de inflado y doblado de las bolsas de aire en relación a las características utilizadas en el software de simulación.



“Cada aprendizaje nos da una mayor comprensión de la realidad y al emocionarnos con lo aprendido nos motivará a tener mayor sed de aprender.”

ANTONIO PAEZ PINZON



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

