



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 colisiones para un vehículo categoría M1 tipo SUV por FEM mediante metodología explícita con la implementación de componentes de seguridad pasiva para el estudio biomecánico de los pasajeros”

AUTORES:

**CHUQUIMARCA CATAGÑA, BRYAN ALEJANDRO
GUASHPA BONILLA, DANIEL ALEJANDRO**

DIRECTOR:

ING. MSC. IZA TOBAR, HENRY HERIBERTO

**LATACUNGA
NOVIEMBRE, 2022**



"No necesito saberlo todo. Tan solo necesito saber dónde encontrar aquello que me hace falta cuando lo necesite"

Albert Einstein

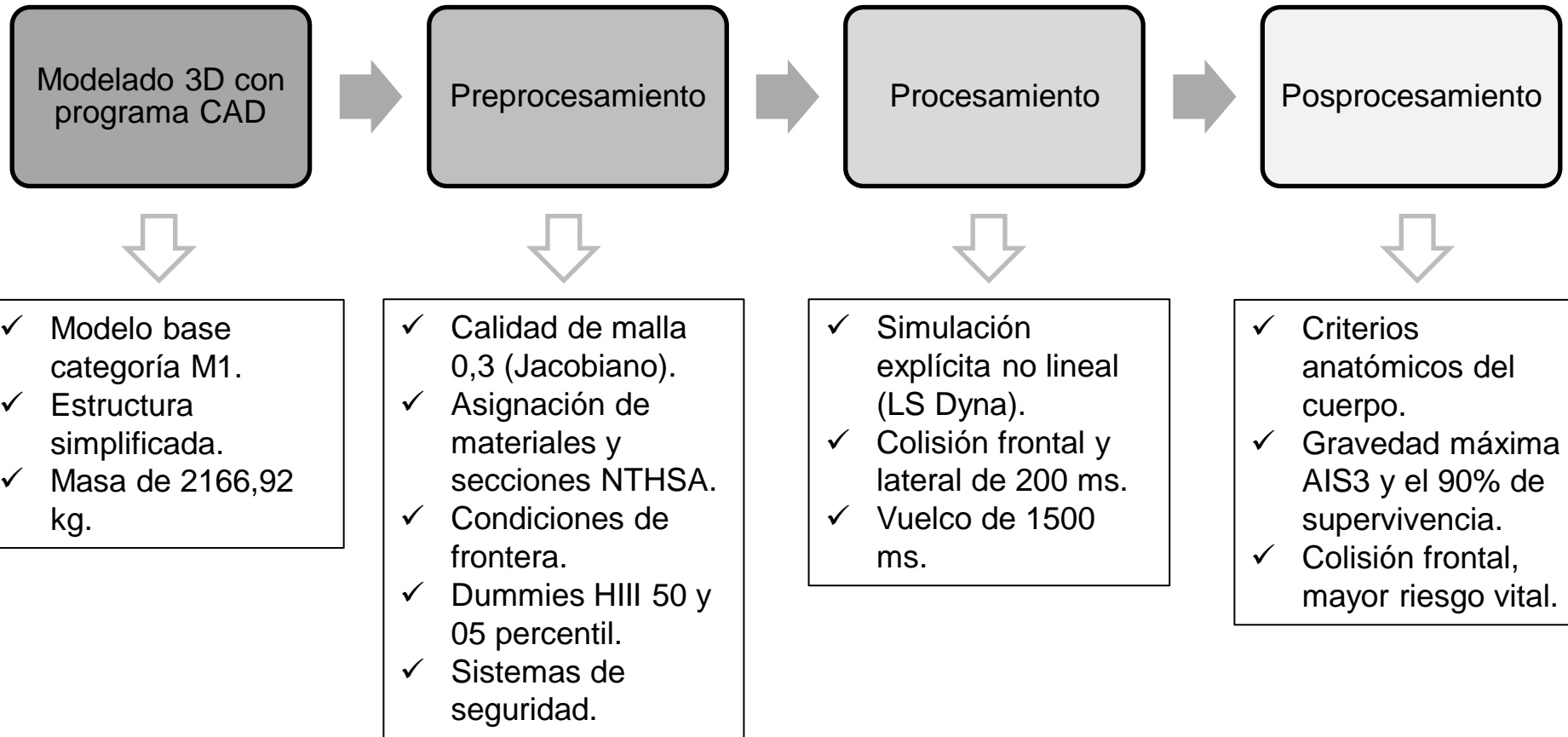


CONTENIDO

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



RESUMEN

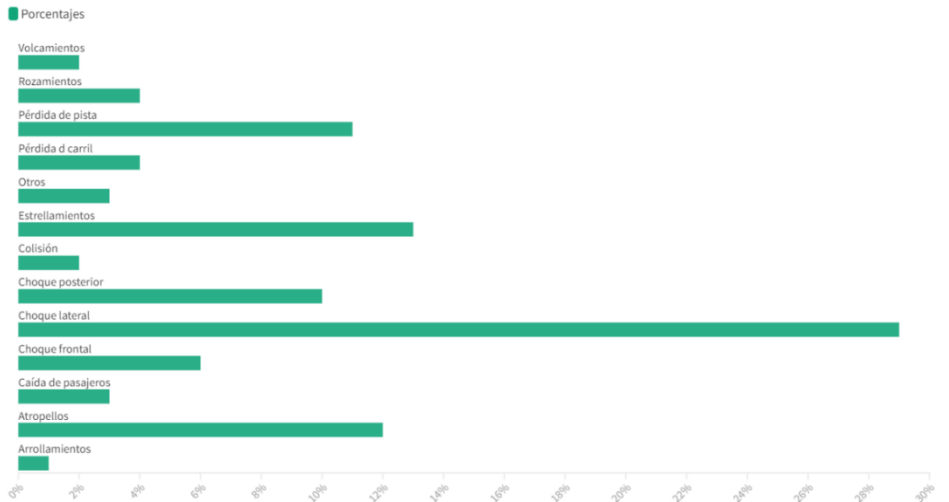
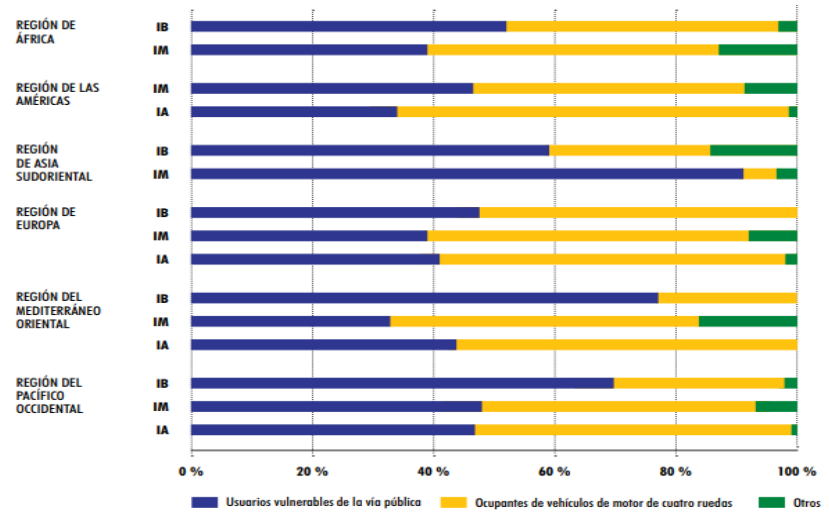


ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

OMS



ANT



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



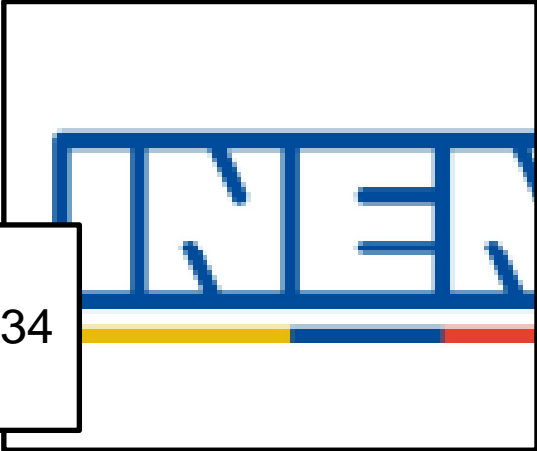
CEPE/ONU



LATIN NCAP



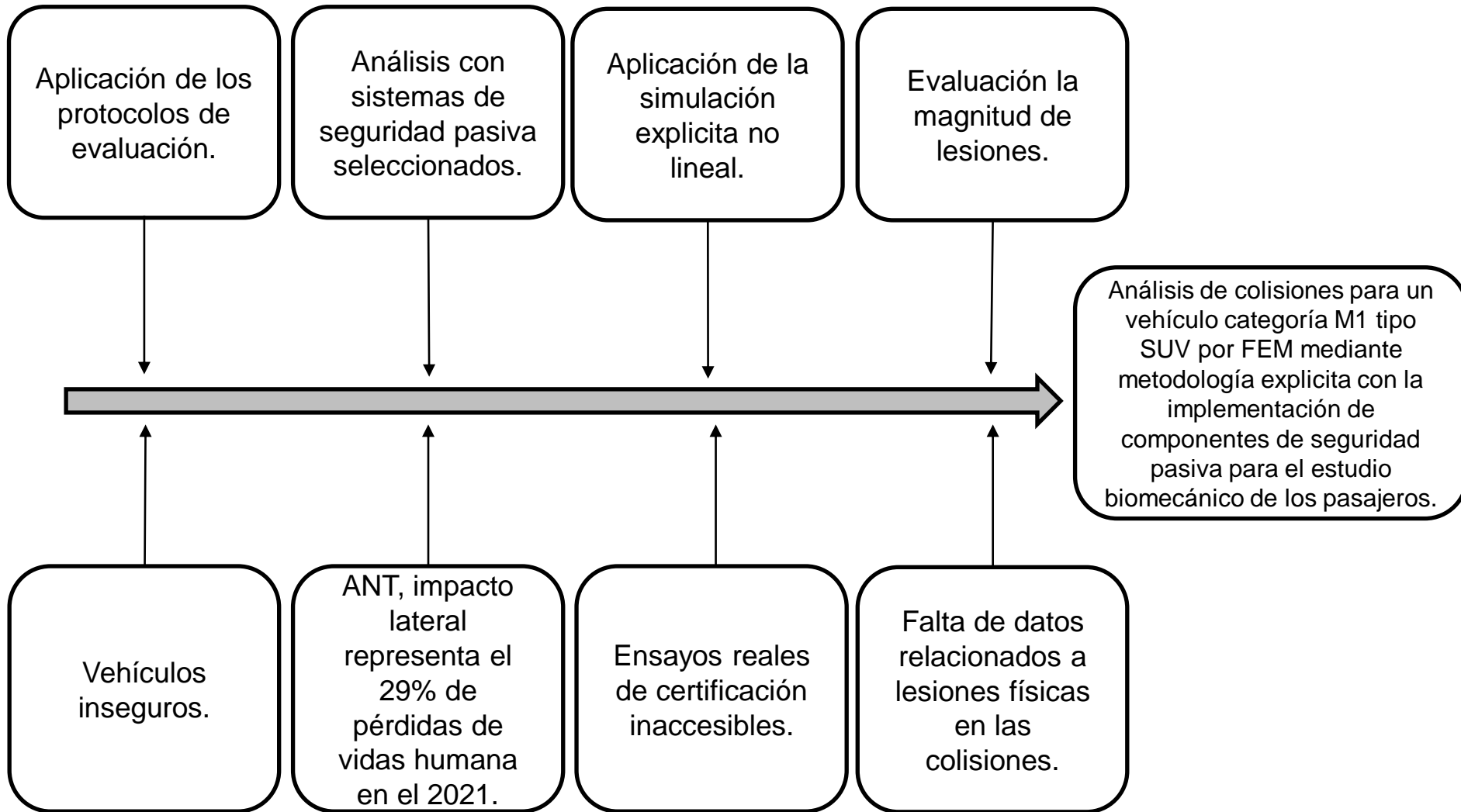
INEN 034



Ingeniería CAE y Biomecánica

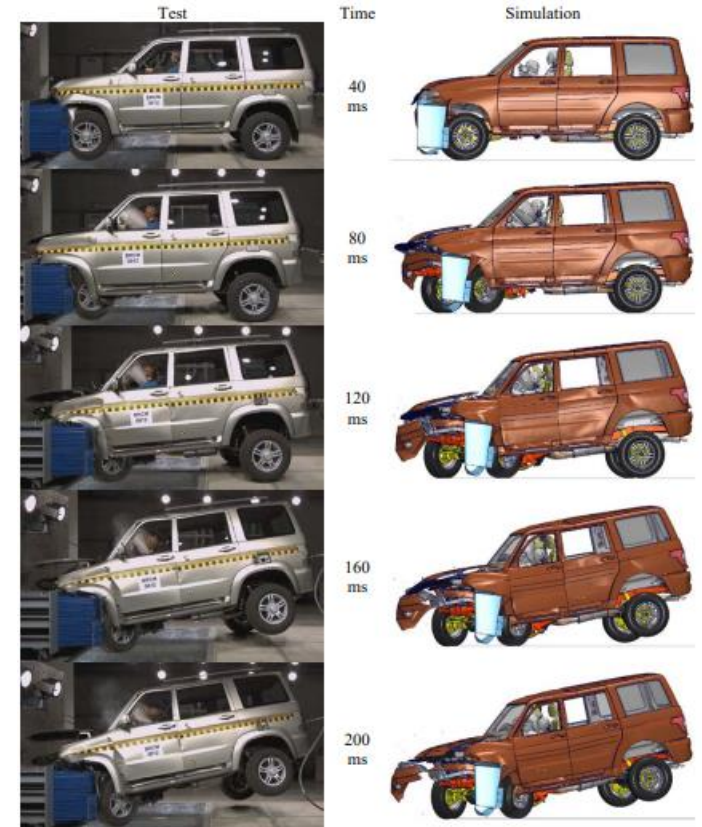


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN

- Los ensayos reales para determinar un vehículo seguro tiene sus limitantes, por lo que se desarrolla mediante simulación explícita no lineal en LS DYNA, el cual constituye un software que permite sustentar con bajos recursos económicos y computacionales los diferentes ensayos de colisión presente en el vehículo, considerando la seguridad e integridad de los pasajeros bajo la normativa RTE INEN 034R que especifica el uso obligatorio de las regulaciones de la ONU/CEPE N° 94 para colisión frontal, ONU/CEPE N° 95 para colisión lateral, y de la FMVSS 208 para volcamiento, con la finalidad de analizar las lesiones anatómicas del cuerpo humano en representaciones ficticias.

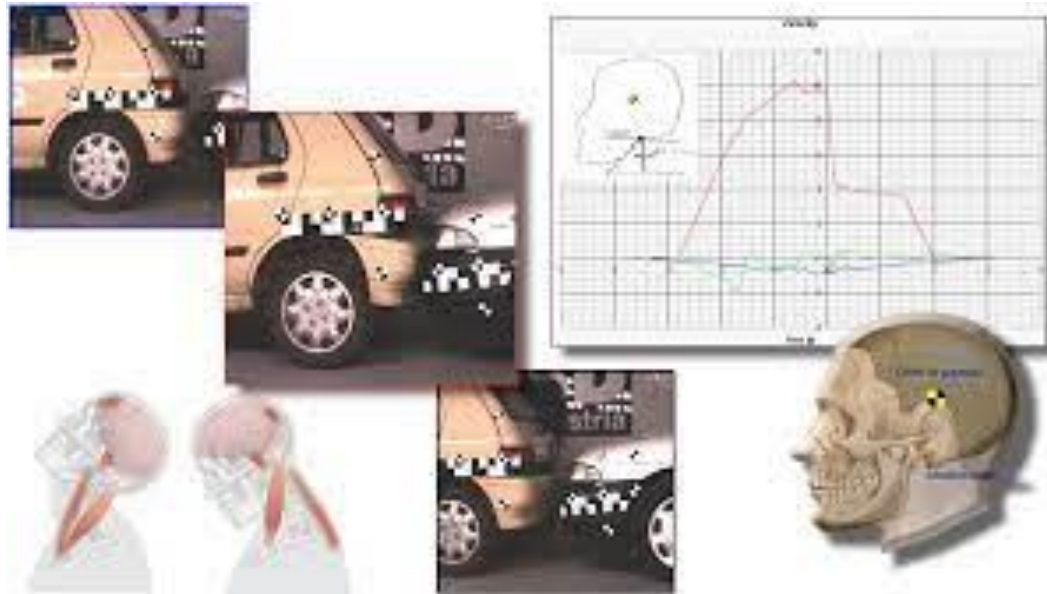


Tomado de "Validation of EURO NCAP Frontal Impact of Frame Off-Road Vehicle: Road Traffic Accident Simulation" (p.66), por Alekseev et al. , 2017.



OBJETIVO GENERAL

- Analizar colisiones para un vehículo categoría M1 tipo SUV por FEM mediante metodología explícita con la implementación de componentes de seguridad pasiva para el estudio biomecánico de los pasajeros.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar un vehículo tipo SUV que represente un modelo 3D estándar en base a vehículos de la categoría M1 tipo SUV más vendido en el país, utilizando un programa CAD especializado.
- Simular una colisión frontal del vehículo SUV estándar con un overlap 40% al lado del conductor contra una barrera rígida, basado en el procedimiento de ensayo de la CEPE R94, para verificar y documentar las lesiones anatómicas de pasajeros por medio de simulación computacional FEM, empleando programas CAE con el método explícito no lineal.
- Simular una colisión lateral del vehículo SUV estándar de impacto con barrera móvil deformable, basado en el procedimiento de ensayo de la CEPE R95, para verificar y documentar las lesiones anatómicas de pasajeros por medio de simulación computacional FEM, empleando programas CAE con el método explícito no lineal.



- Simular una colisión de vuelco del vehículo SUV en base al ensayo de impulso de trineo según el procedimiento indicado en FMVSS 208, para verificar y documentar las lesiones anatómicas de los pasajeros mediante la simulación computacional FEM, empleando programas CAE con el método explícito no lineal.
- Determinar el grado de incidencia del impacto que genere mayores lesiones al cuerpo humano en base a las condiciones del ensayo computacional e índices de evaluación de acuerdo con las regulaciones de estudio, para proporcionar información relevante sobre las consideraciones del diseño y selección de automóviles.



HIPÓTESIS

¿La metodología de simulación explícita no lineal por FEM basada en el reglamento de la ONU/CEPE, FMVSS y protocolos NCAPs permitirá evaluar las principales **causas** y **grado de lesiones** debido al producto de la energía y fuerzas Gs originadas en el cuerpo humano mediante el análisis biomecánico de maniquís correspondiente al conductor y pasajero, comparadas con los otros tipos de colisiones?

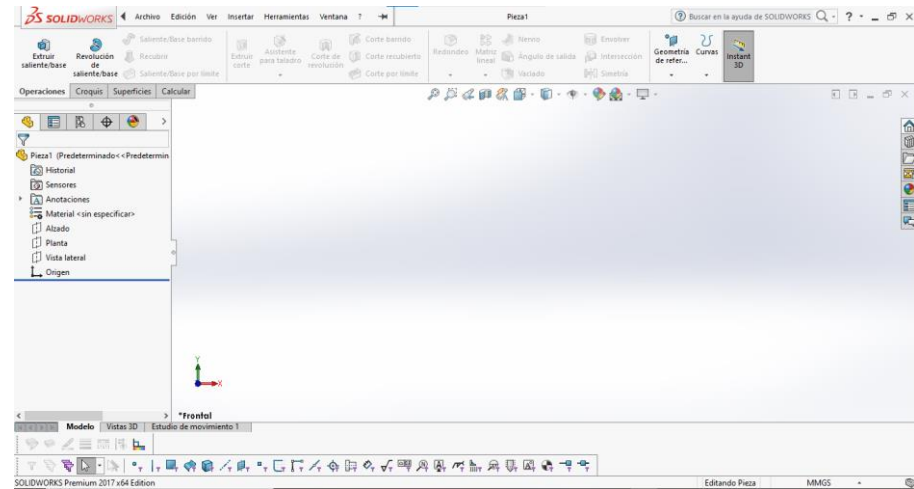


EQUIPOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO

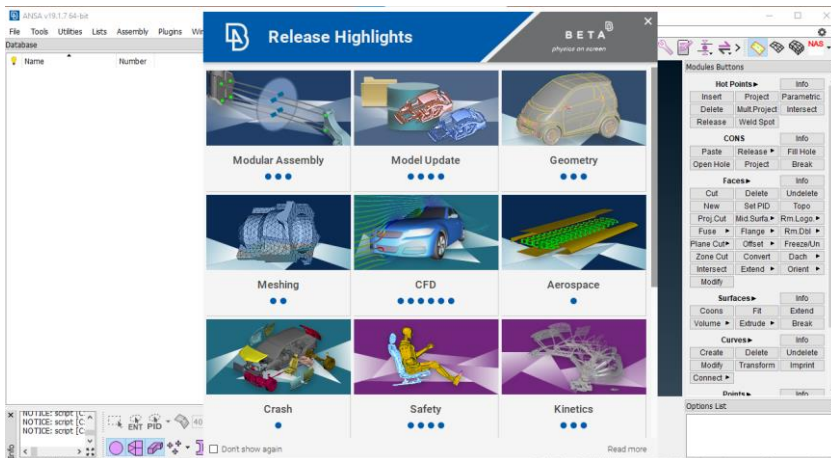
LAPTOP



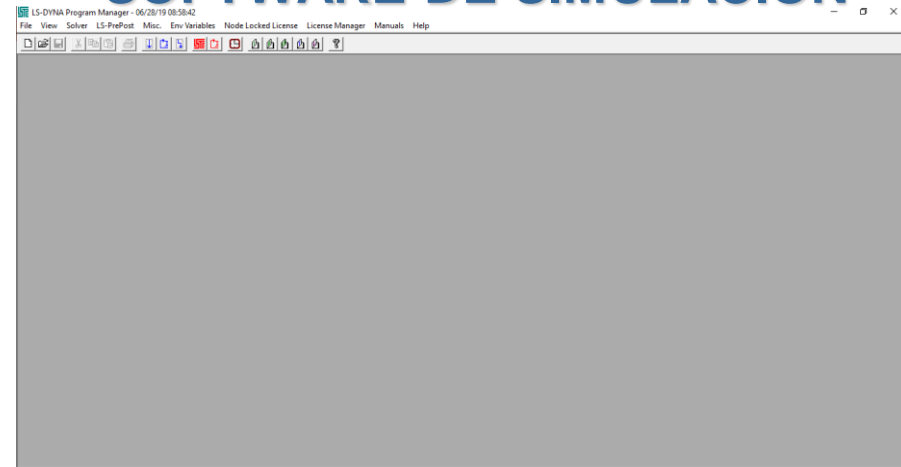
SOFTWARE DE DISEÑO



SOFTWARE DE MALLADO



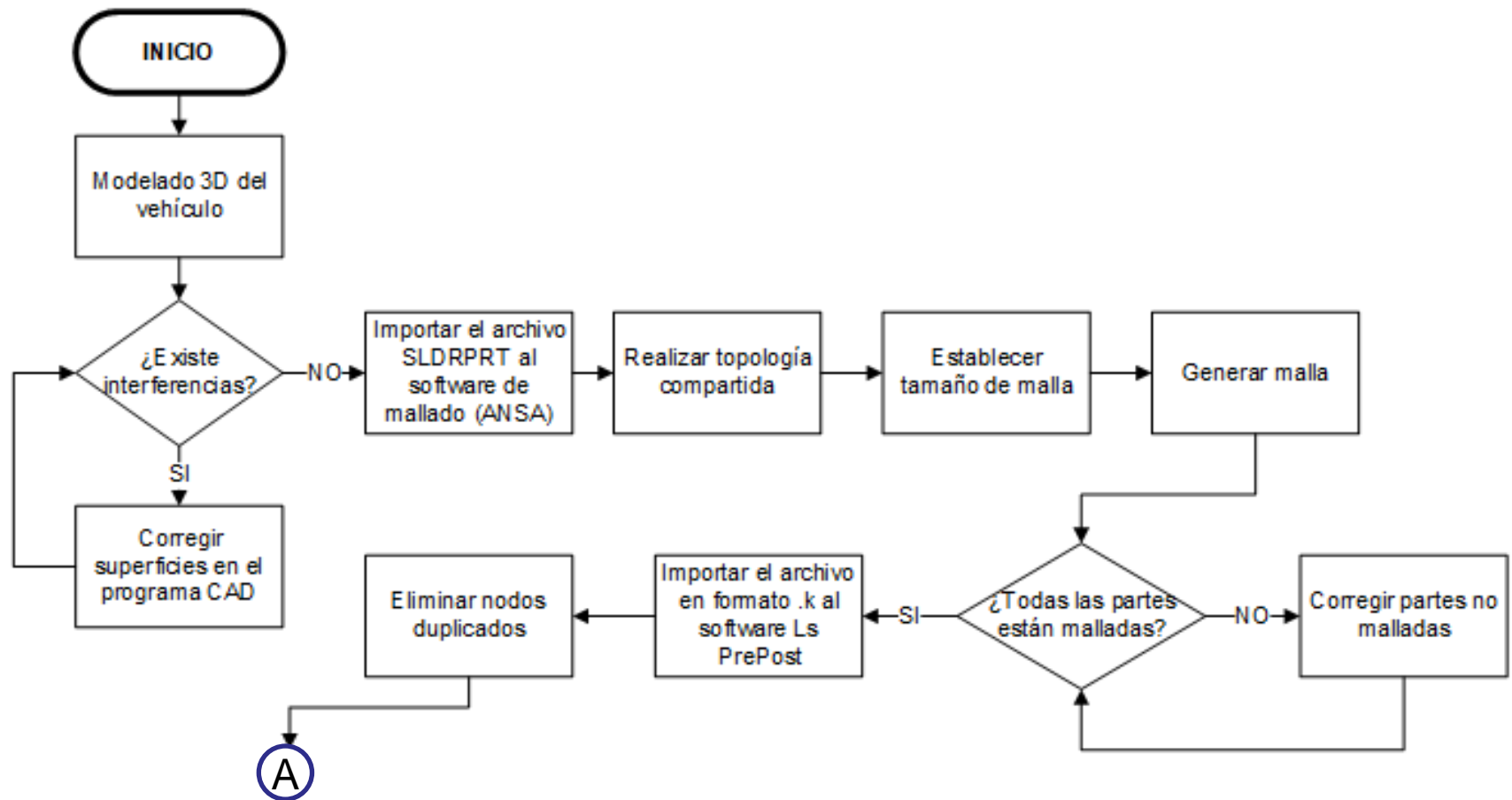
SOFTWARE DE SIMULACIÓN

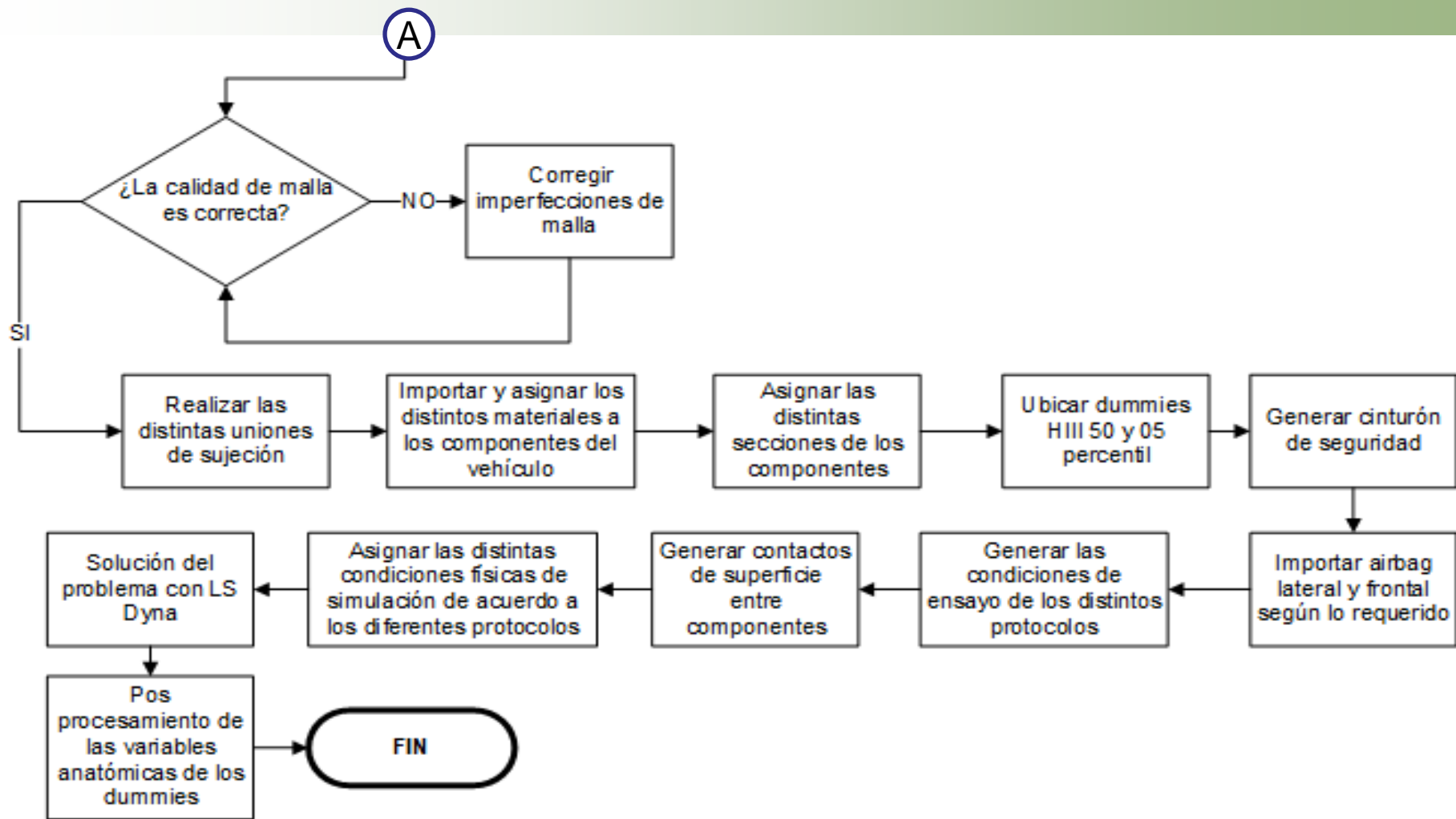


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



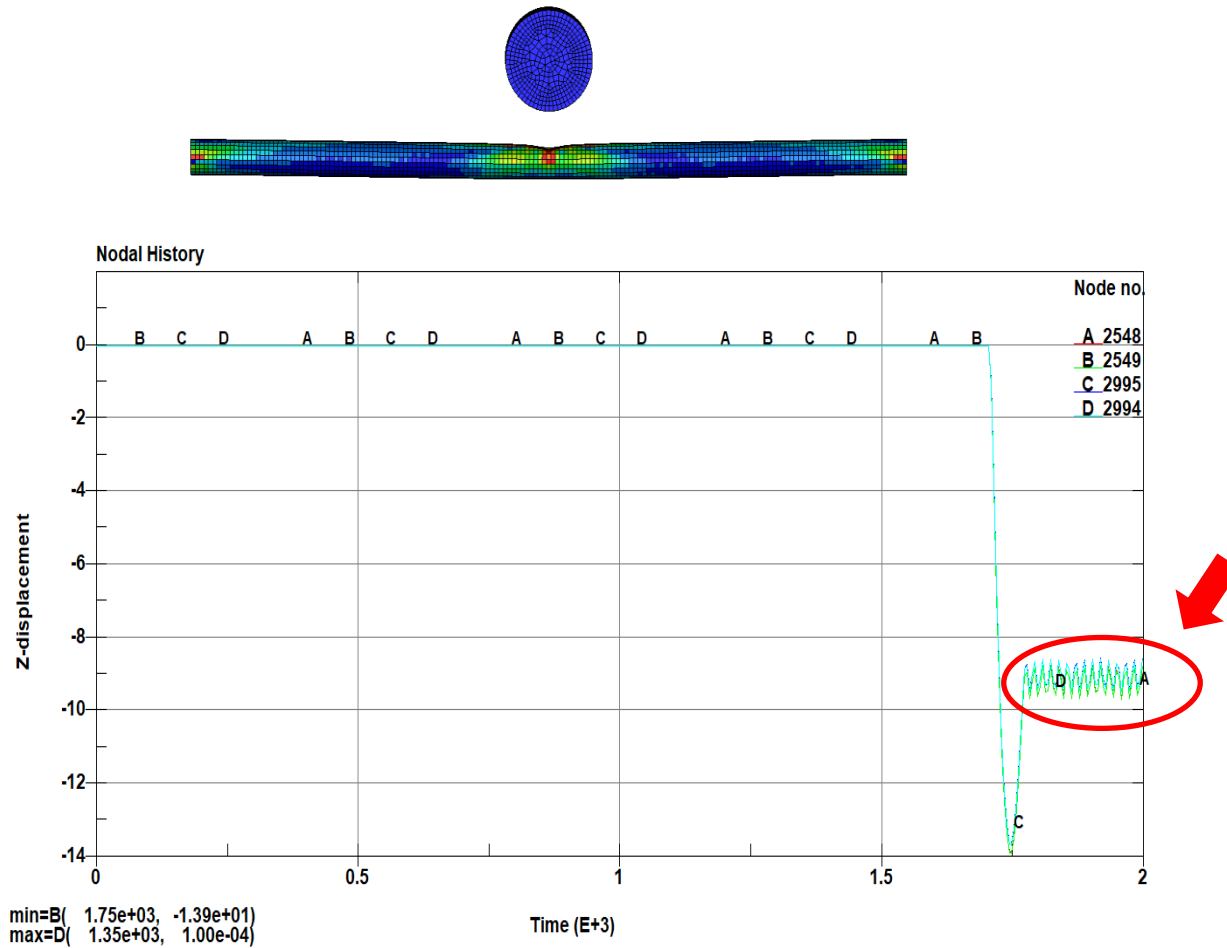
METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN EXPLÍCITA





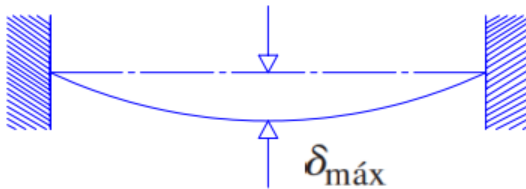
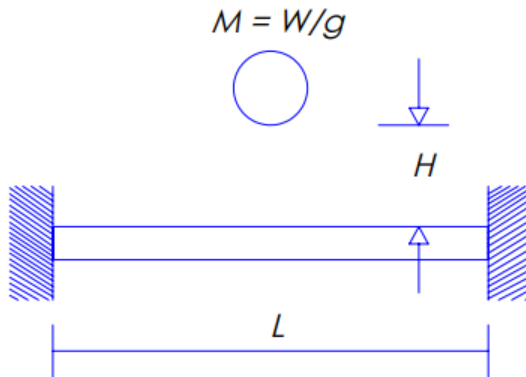
VALIDACIÓN DEL SOFTWARE

VALIDACIÓN MEDIANTE SOFTWARE



VALIDACIÓN ANALÍTICA

- El ensayo de impacto dinámico de una masa por caída libre contra una barra estructural.



Componentes	Unidad	Valor	Ecuación 1	Deflexión estática
Masa del impactador [m]	kg	7.43	$\delta_{est} = \frac{mgl^3}{192EI}$	mm
Gravedad [g]	m/s ²	9.81		0.06325
Longitud de la barra [l]	m	0.825		
Módulo de elasticidad (E)	GPa	200		
Inercia sección del tubo x10 ⁴	m ⁴	1.685		

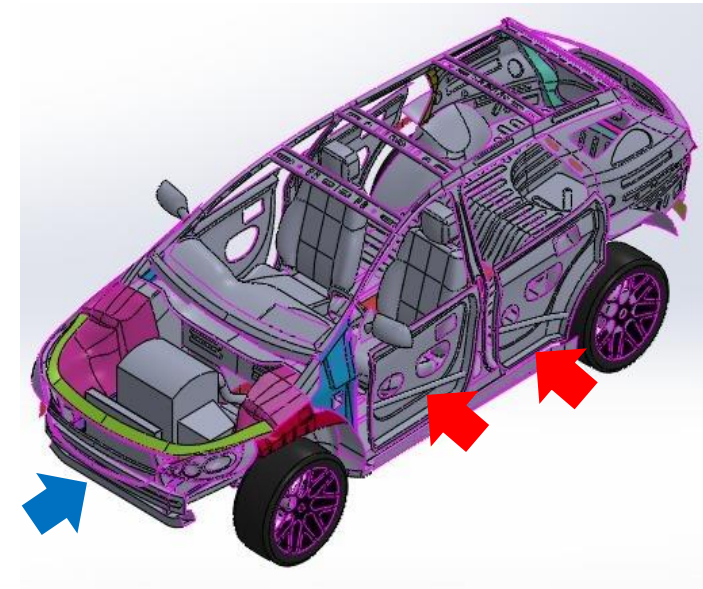
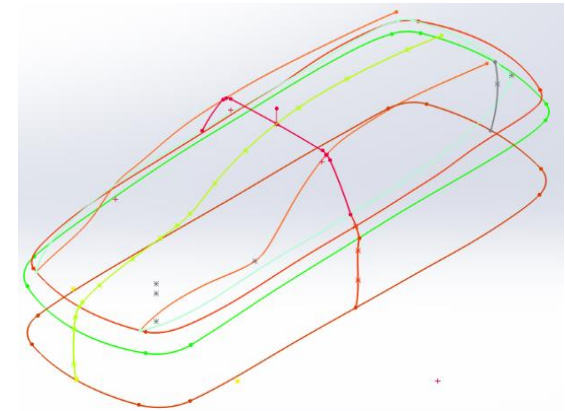
Componentes	Unidad	Valor	Ecuación 2	Coefficiente dinámico
Altura del impactador [H]	mm	500	$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{est}}}$	-
Deflexión estática [δ_{est}]	mm	0.06325		126.743

Componentes	Unidad	Valor	Ecuación 3	Deflexión dinámica
Coefficiente dinámico [K_d]	-	126.743	$\delta_{din} = K_d \delta_{est}$	mm
Deflexión estática [δ_{est}]	mm	0.06325		8.016



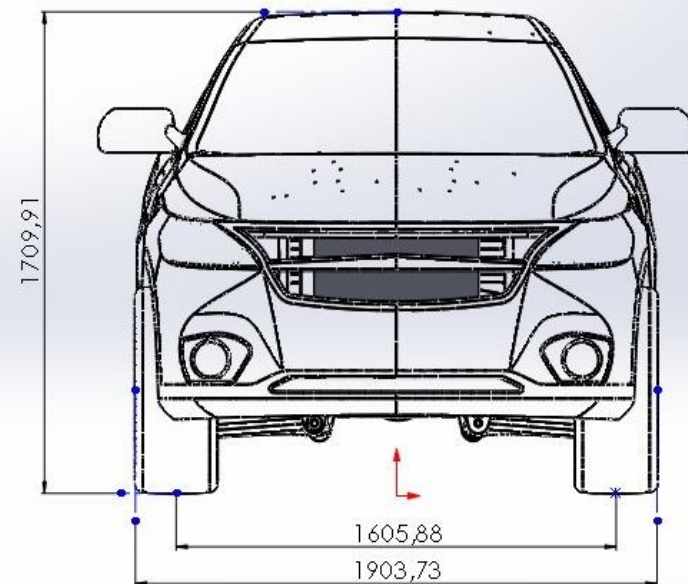
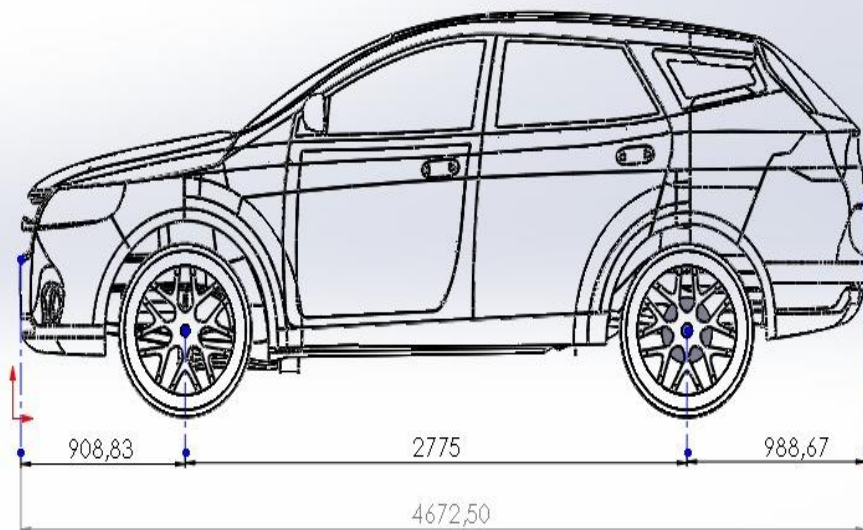
MODELADO 3D

Vehículo	Modelo Representativo	
Configuración	Bastidor	
	Monocasco	
Sistemas	Seguridad Activa	Seguridad Pasiva
No definida		2 airbags frontales y 1 lateral. Cinturones de 3 puntos sin sistemas de pretensión y retractores. Barras laterales contra impacto. Barra frontal contra impacto. Asientos con apoyacabezas.
Características	Dimensiones aproximadas	
Largo (mm)	4519	
Ancho (mm)	1832	
Alto (mm)	1680	
Distancia entre ejes (mm)	2683	
Neumáticos	No definido	
	Peso neto vehicular	
	Por definir	
	Número de pasajeros	
	5 pasajeros (2 para simulación)	



DIMENSIONES DEL MODELADO DEL VEHÍCULO

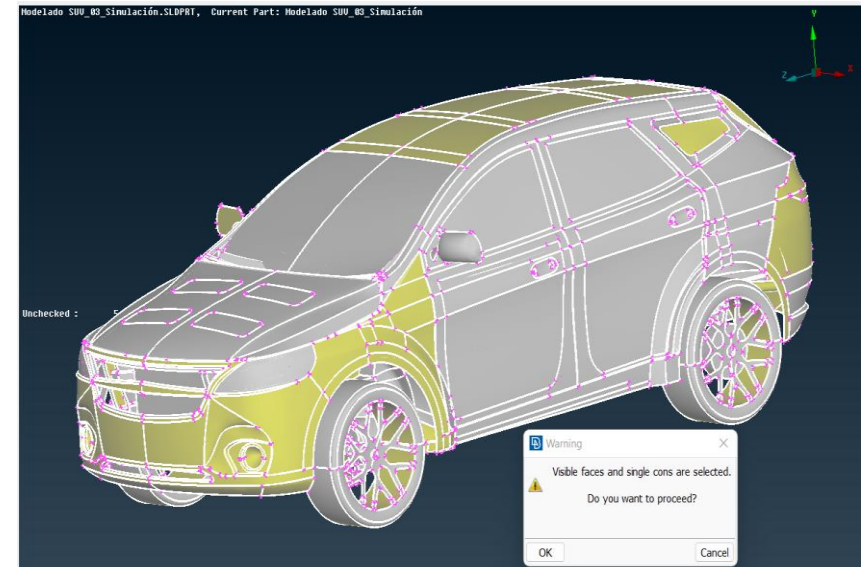
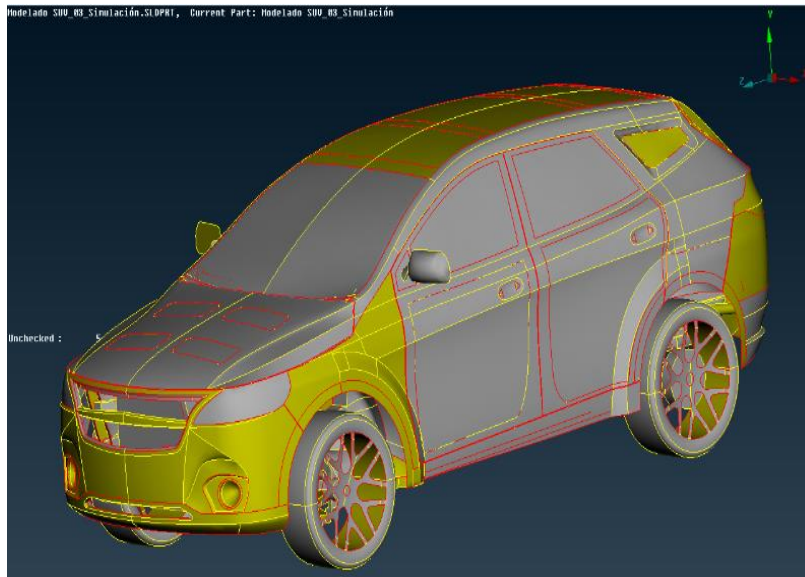
Unidades mm



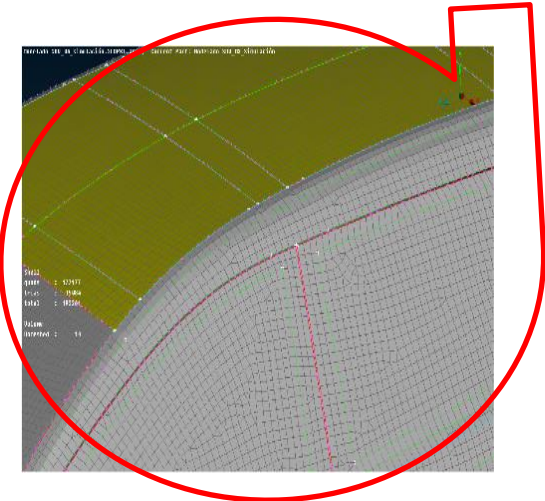
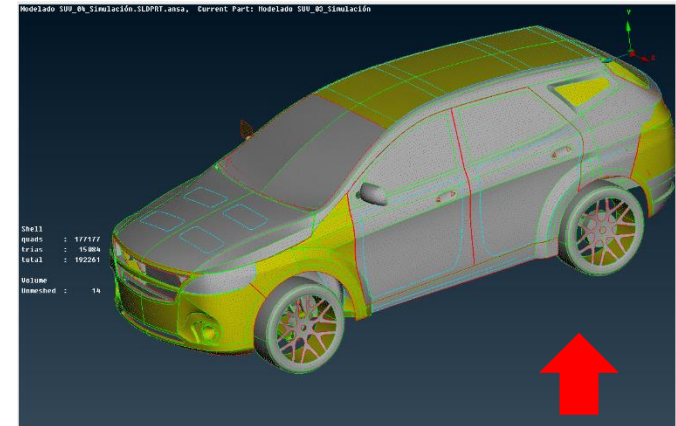
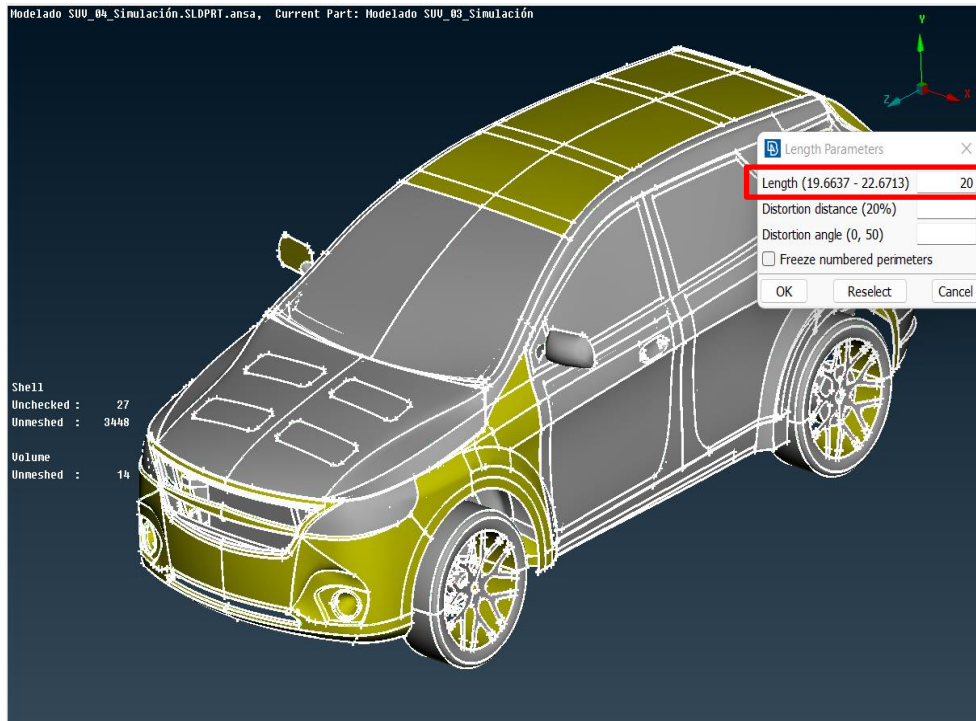
PRE – PROCESAMIENTO

PREPARACIÓN DEL MODELO

Topología compartida

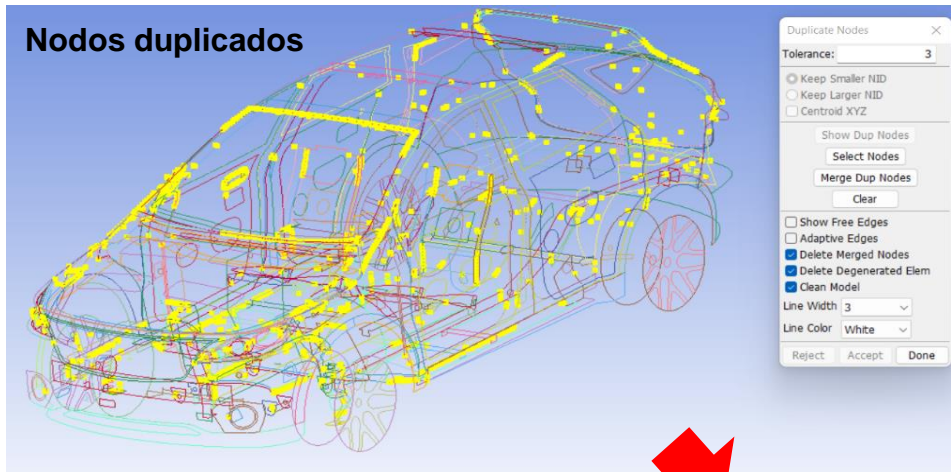


GENERACIÓN DE MALLA



PREPARACIÓN DE LA MALLA FEM

Nodos duplicados



Carta de control principal

Keyword Manager

Keyword Edit: Keyword Search

Edit: PART

Model All RefBy

Name	Count
ELEMENT	192261
KEYWORD	1
NODE	185305
PART	292
SECTION	292
SET	1
TITLE	1

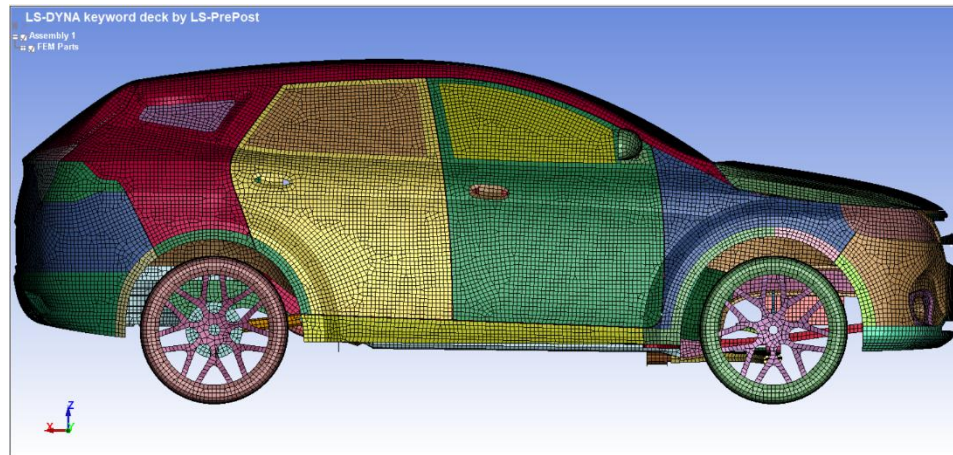
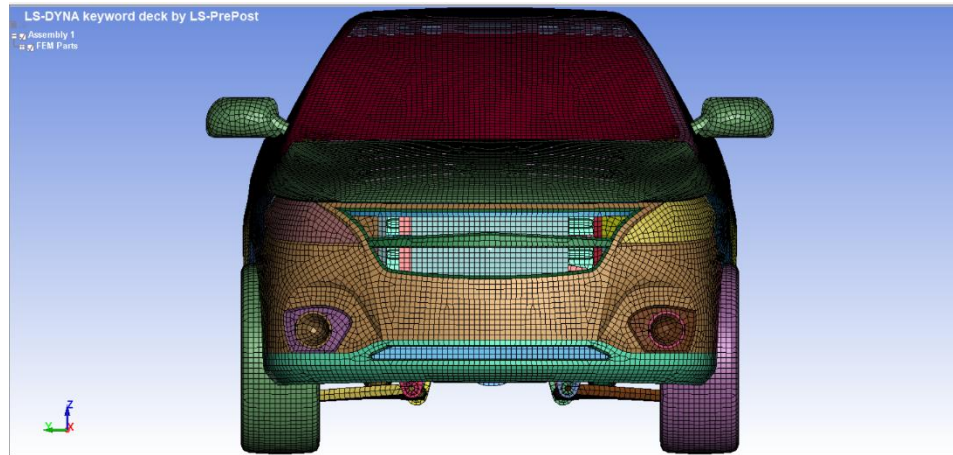
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
 Contours of Jacobian
 min=0.300545, at elem# 302690
 max=1, at elem# 62454

Shell check item	Allowable	Min. val	Max. val	#violated(%)
Min tria ang	30	***	***	***
Max tria ang	120	***	***	***
Taper	0.7	***	***	***
Skew	45	***	***	***
Jacobian	0.3	0.301	1	0(0%)
Char. length	1	***	***	***
Area	5	***	***	***
Feature angle	30	***	***	***
Time step	1e-06	***	***	***

Índice Jacobiano

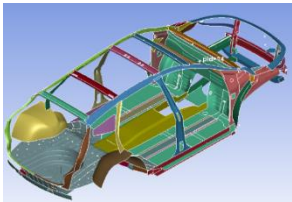


MALLA COMPLETA DEL MODELO



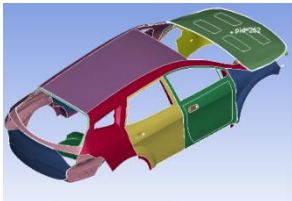
ASIGNACIÓN DE MATERIALES

Bastidor estructural



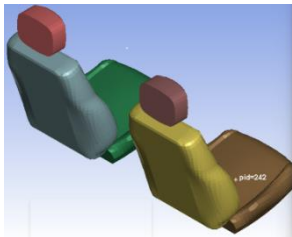
MAT_024 Acero
Densidad de masa (kg/mm^3):
7.890e-06
Módulo de Young (GPa): 200
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.40
Sección (mm): 4.75

Elementos estructurales



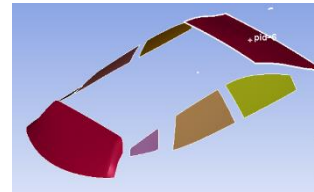
MAT_024 Acero
Densidad de masa (kg/mm^3):
7.890e-06
Módulo de Young (GPa): 200
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.271
Sección (mm): 1

Cojines de asientos



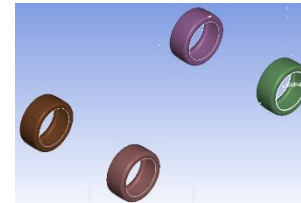
MAT_001 Polímero
Densidad de masa (kg/mm^3):
1.750e-06
Módulo de Young (GPa): 0.3
Radio de Poisson: 0.3
Sección (mm): 5

Vidrios y parabrisas



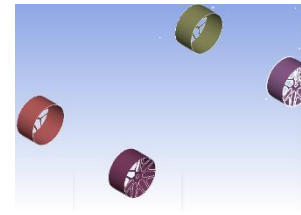
MAT_123 Cerámico Metal
Densidad de masa (kg/mm^3):
2.500e-06
Módulo de Young (GPa): 70
Radio de Poisson: 0.22
Límite elástico (GPa): 0.03
Sección (mm): 4

Ruedas



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): 8

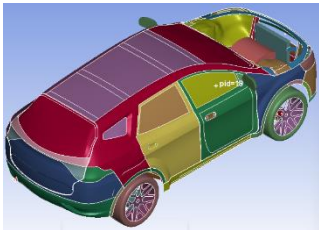
Rines



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

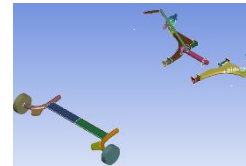


Motor y caja de cambios



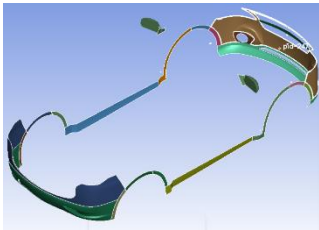
MAT_001 Acero
Densidad de masa (kg/mm^3):
7.890e-06
Módulo de Young (GPa): 200
Radio de Poisson: 0.3
Sección (mm): 20

Sistemas automotrices



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): 15

Mascarillas



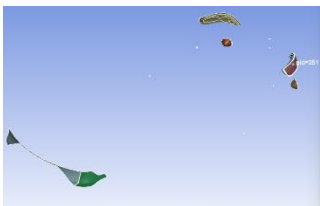
MAT_024 Elastómero
Densidad de masa (kg/mm^3):
1.415e-06
Módulo de Young (GPa): 1
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.02
Sección (mm): 2.4

Bases del motor



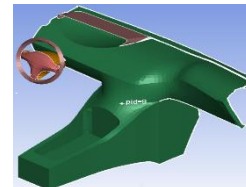
MAT_024 Acero
Densidad de masa (kg/mm^3):
7.890e-06
Módulo de Young (GPa): 200
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.40
Sección (mm): 4.75

Faros



MAT_024 Cerámico Metal
Densidad de masa (kg/mm^3):
2.950e-06
Módulo de Young (GPa): 1
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.02
Sección (mm): 2

Panel del vehículo



MAT_024 Elastómero
Densidad de masa (kg/mm^3):
9.150e-07
Módulo de Young (GPa): 1
Radio de Poisson: 0.3
Límite elástico (GPa): 0.02
Sección (mm): 3.47



PESO NETO VEHÍCULAR DEL MODELO



Message

Mass=2166.92, CG: x=-2192.35 y=1.06152 z=599.858

Clear Close

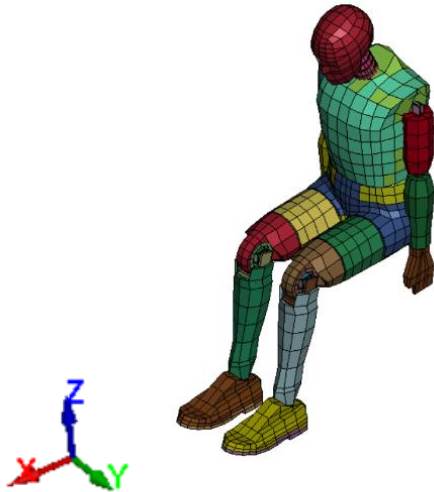


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

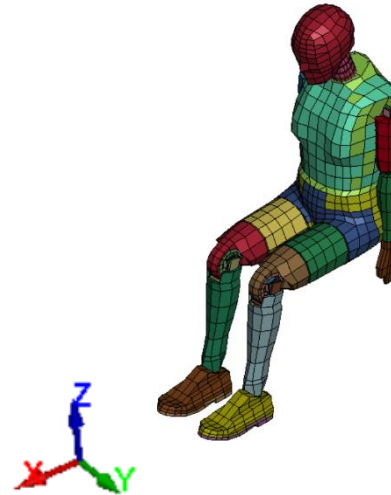


DUMMIES PARA ENSAYOS

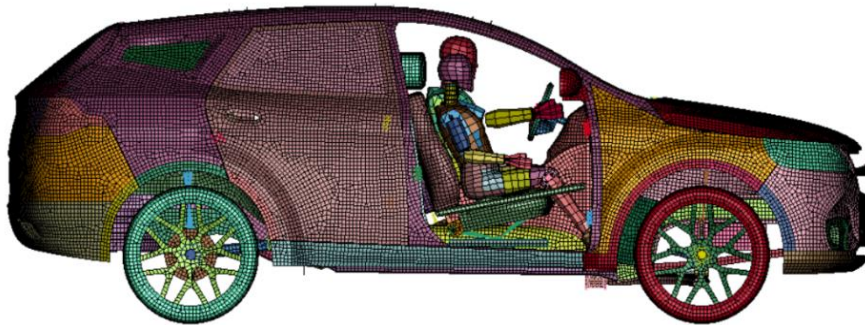
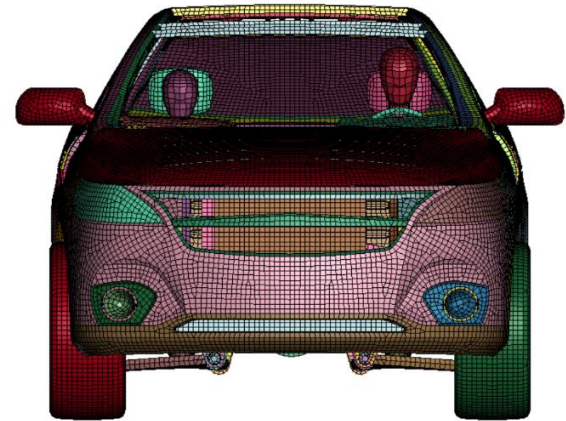
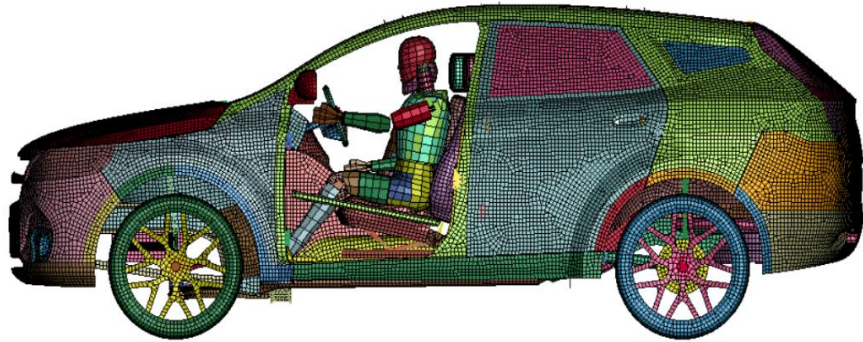
Dummy Fast Híbrido III 50
Percentil



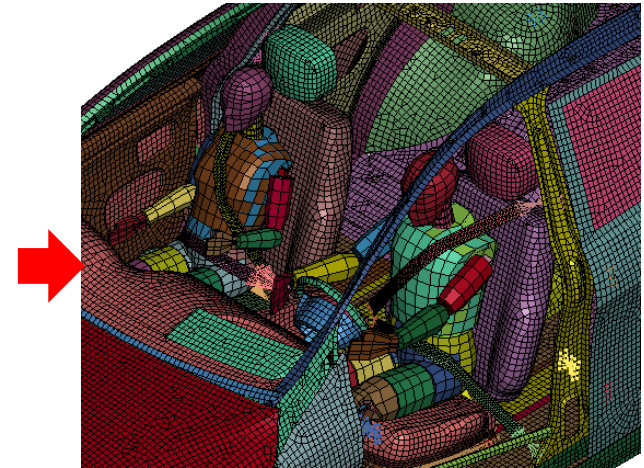
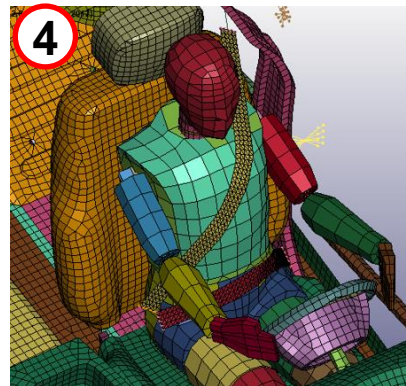
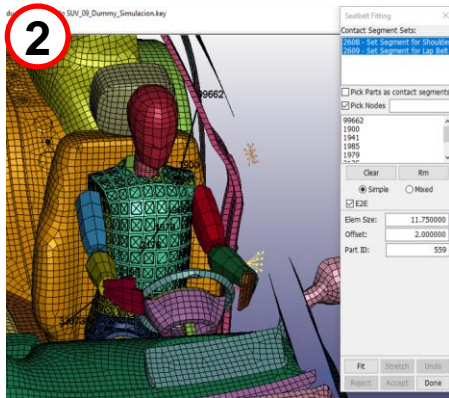
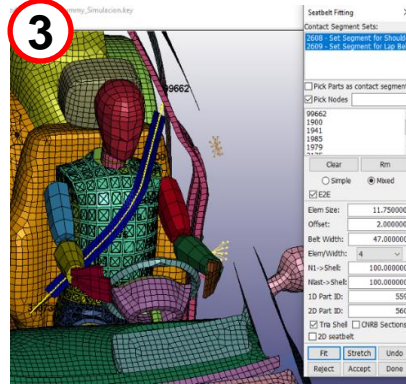
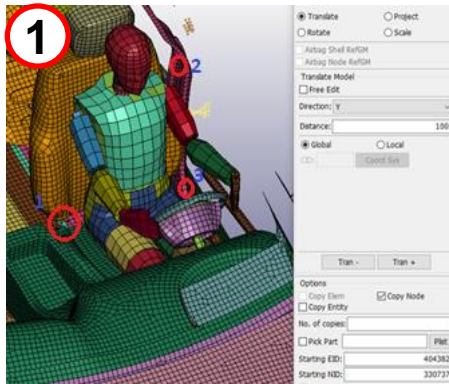
Dummy Fast Híbrido III 05
Percentil



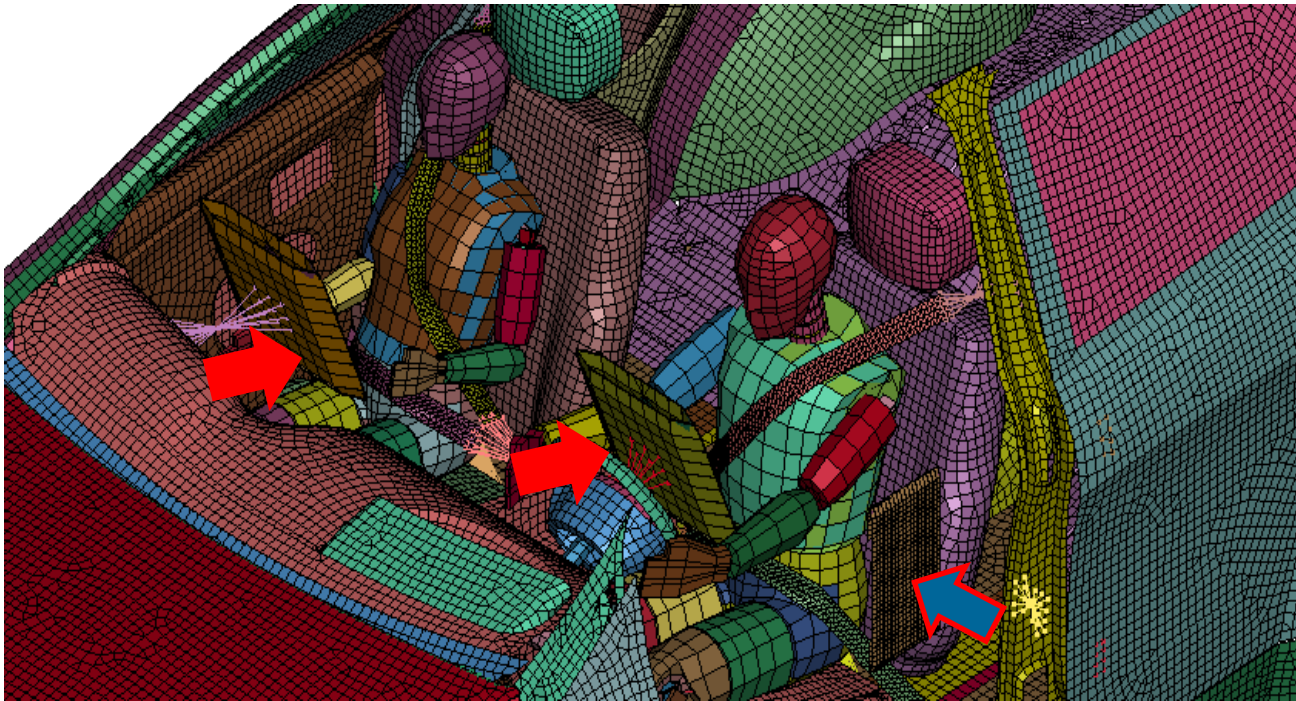
POSICIÓN DE LOS MODELOS EN EL VEHÍCULO



GENERACIÓN DE CINTURONES DE SEGURIDAD



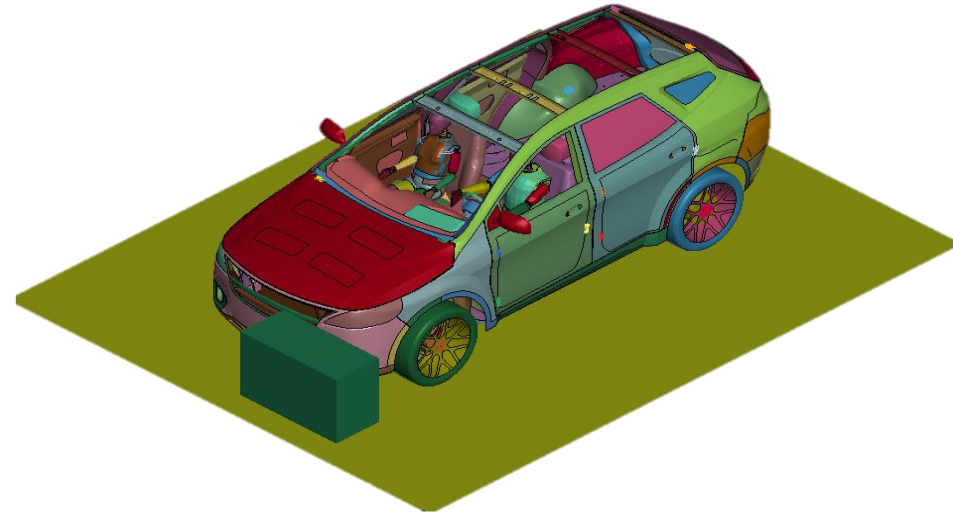
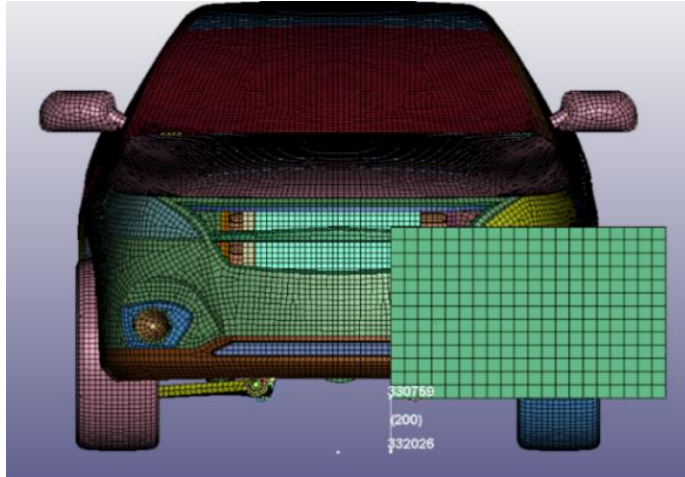
UBICACIÓN DE AIRBAGS FRONTALES Y AIRBAG LATERAL



PROCESAMIENTO DE LA SIMULACIÓN

COLISIÓN FRONTAL

SIN SEGURIDAD



CON SEGURIDAD

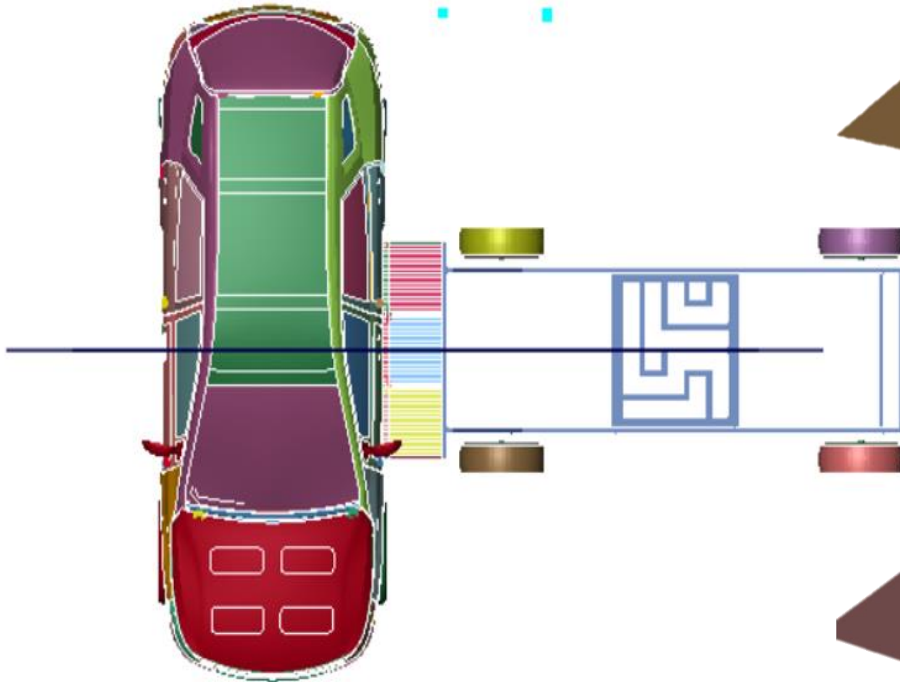
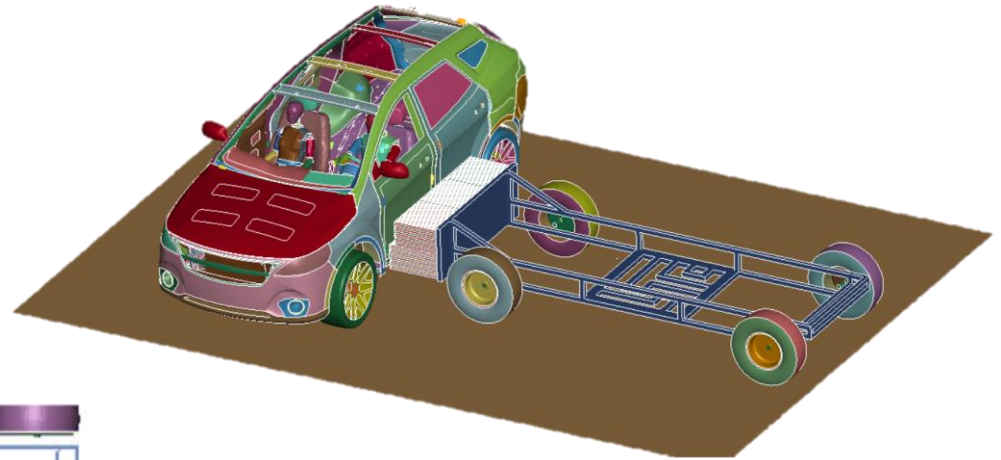


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

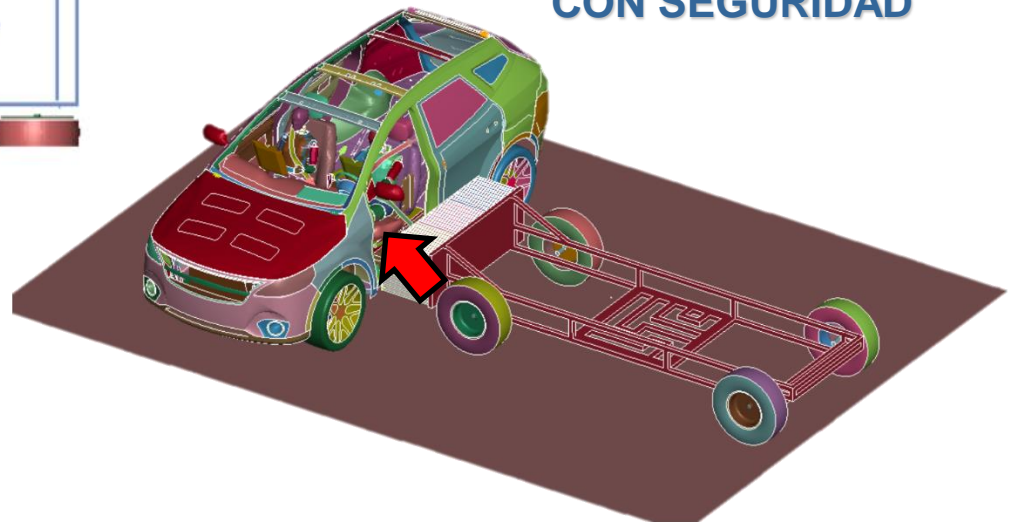


COLISIÓN LATERAL

SIN SEGURIDAD



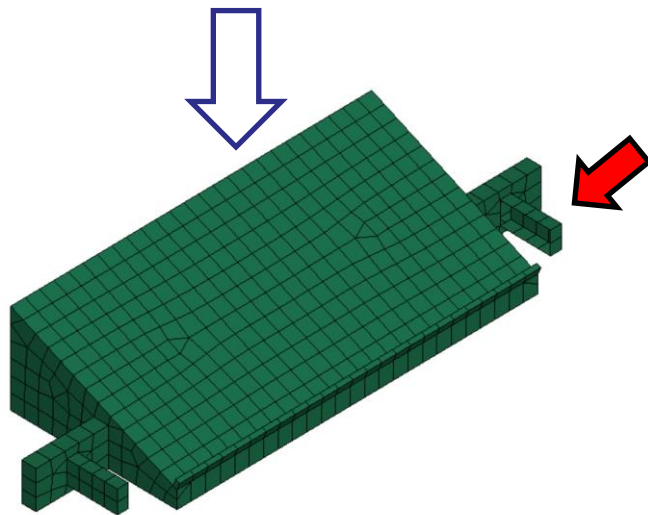
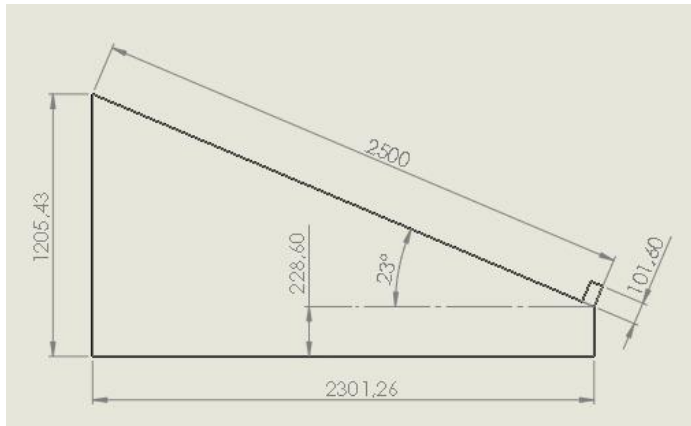
CON SEGURIDAD



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



VUELCO



SIN SEGURIDAD



CON SEGURIDAD



POS-PROCESAMIENTO ANÁLISIS DE RESULTADOS

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Índice de evaluación		HIII 50 Percentil	HIII 05 Percentil
Lesión de la cabeza		HIC36 \leq 1000 HIC15 $<$ 700	HIC36 \leq 1000 HIC15 $<$ 779
Lesión del cuello NIC	Tracción	3.290 kN a 0 ms 2.815 kN a 35 ms 1.097 kN a \geq 60 ms	2.070 kN a 0 ms 1.819 kN a 31 ms 0.690 kN a \geq 54 ms
	Compresión	4.000 kN a 0 ms 1.100 kN a \geq 30 ms	2.520 kN a 0 ms 0.693 kN a \geq 27 ms
	Cizalladura	3.100 kN a 0 ms 1.500 kN a 25-35 ms 1.100 kN a \geq 45 ms	1.953 kN a 0 ms 0.945 kN a 20-29 ms 0.693 kN a \geq 37 ms
	Momento de flexión "y"	\leq 57 Nm	\leq 31 Nm
Compresión del tórax ThCC		\leq 50 mm	\leq 41 mm
Fuerza del fémur FFC		9.070 kN a 0 ms 7.560 kN a \geq 10 ms	6.186 kN a 0 ms 5.156 kN a \geq 9 ms
Comportamiento de la tibia	Fuerza de compresión	\leq 8 kN	\leq 5.104 kN
	Índice de lesión TI	\leq 1.3	\leq 1.3
Movimiento de las articulaciones en rodillas		\leq 15 mm	\leq 12 mm
Fuerza sobre la pelvis PSPF		\leq 6 kN	\leq 6 kN
Fuerza sobre el abdomen APF		\leq 2.5 kN	\leq 2.5 kN



LESIONES COMUNES DE LA ANATOMÍA CORPORAL

Criterio de evaluación	Descripción de lesión	AIS	Referencia
HIC36	Nivel de conmoción cerebral y daño en el cráneo.		<u>Anexo 11.</u>
HIC15	Daño cerebral.	AIS≥4.	<u>Anexo 12 (Nahum & Melvin, 2002, p. 90).</u>
	Riesgo de fractura del cráneo.	AIS≥4.	<u>Anexo 13 (Nahum & Melvin, 2002, p. 91).</u>
NIC-Tracción	Riesgo de traumas en el cuello.	AIS ≥3.	<u>Anexo 14 (Nahum & Melvin, 2002, p. 94).</u>
NIC-Cizalladura	Fracturas de lesiones y ligamentos.	AIS≥2.	Referencia Valores máximos.
NIC-Momento de flexión	Riesgo de estrés en el ligamento cabeza-cuello.	AIS≥3.	<u>Anexo 15 (Nahum & Melvin, 2002, p. 95).</u>
ThCC	Fractura de costillas y esternón. Lesión del tórax móvil.	AIS≥3. AIS≥4.	<u>Anexo 16 (Nahum & Melvin, 2002, p. 98).</u>
FFC	Fractura del fémur.	AIS≥2. AIS≥3.	<u>Anexo 17 (Shashi Kuppa & Mark Haffner, 1999, p. 5).</u>
Tibia	Fractura de la tibia.	AIS≥2.	<u>Anexo 18 (Shashi Kuppa & Mark Haffner, 1999, p. 6-7).</u>
Índice TI	Mayor a 1.3	AIS≥2.	Referencia valor máximo.
Movimiento de la articulación en la rodilla	Fracturas de lesiones y ligamentos. Límite de falla del ligamento cruzado.	AIS≥2.	Referencia del Fémur (Fuerza).
PSPF	Fractura cerrada de pelvis	AIS≥2.	<u>Anexo 19 (Lubbe et al., 2011, p. 9).</u>
APF	Contusión o abrasión abdominal	AIS≥2.	Referencia valor máximo.

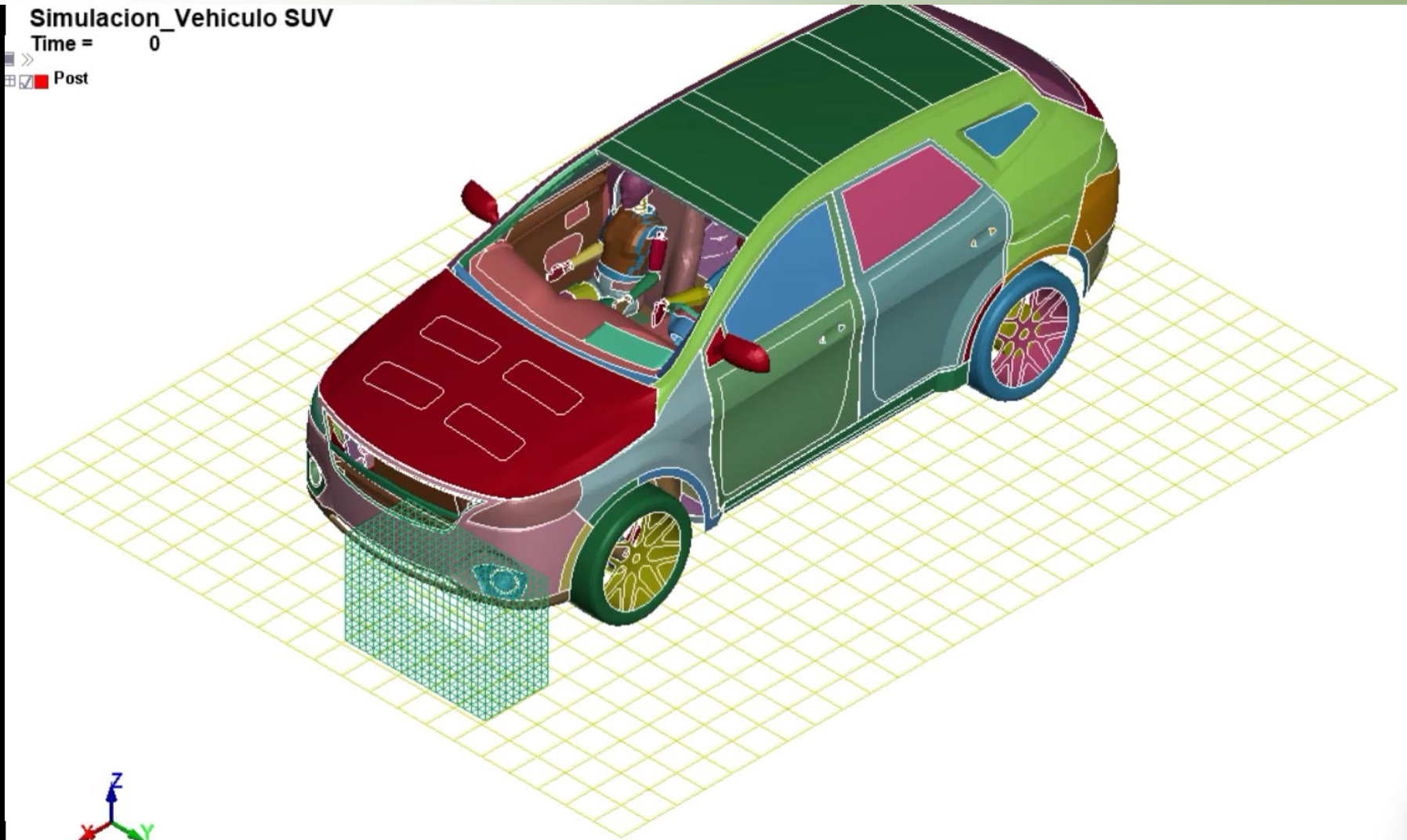


COLISIÓN FRONTAL SIN SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV

Time = 0

>>
 Post



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



GRAVEDAD DE LESIÓN – COLISIÓN FRONTAL SIN SEGURIDAD

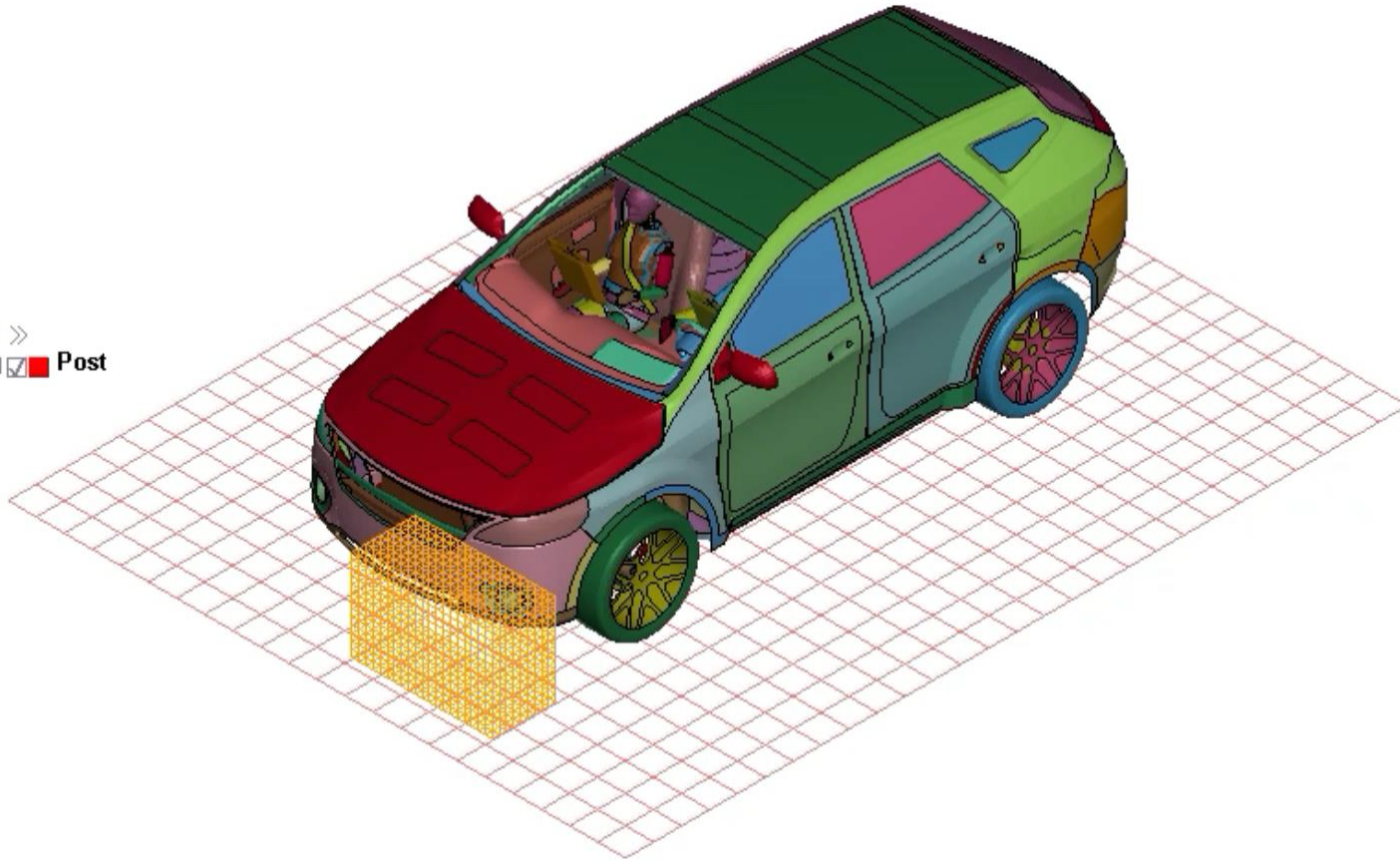
Criterio de evaluación	Valor máximo		U.	Gravedad de lesión
	HIII-50%	HIII-05%		
HIC36	2442 NC	2535 NC	-	HIII-50 percentil, vida amenazada por fractura, coma cerebral (AIS6). HIII-05 percentil, vida amenazada por fractura, coma cerebral (AIS6).
HIC15	2286 NC	1507 NC	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, 96% y 95%. HIII-05 percentil, 45%, 38%.
NIC-Tracción	6.61 NC	3.59 NC	kN	HIII-50 percentil, 100%. HIII-05 percentil, 100%.
NIC-Cizalladura	-1.89 C	2.89 NC	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, fractura.
NIC-Momento de flexión	-97.5 NC	-163 NC	Nm	HIII-50 percentil, 18%. HIII-05 percentil, 100%.
ThCC	-136 NC	-29.9 C	mm	AIS \geq 3 y AIS \geq 4. HIII-50 percentil, 100%. HIII-05 percentil, sin fractura.
FFC-Izquierda	79 NC	42.3 NC	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 100%. HIII-05 percentil, 100%.
FFC-Derecha	31.7 NC	54 NC	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 99.5% y 99.52%. HIII-05 percentil, 100%.
Tibia	9.08 NC	12.9 NC	kN	HIII-50 percentil, 81.70% HIII-05 percentil, 100%.
Índice TI	8.053 NC	6.146 NC	-	Mayor a 1.3
Movimiento de la articulación en la rodilla izquierda	-9.14 C	-5.87 C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla derecha	-29.4 NC	-9.89 C	mm	HIII-50 percentil, fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.



COLISIÓN FRONTAL CON SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV
Time = 0

>>
 Post



GRAVEDAD DE LESIÓN – COLISIÓN FRONTAL CON SEGURIDAD

Criterio de evaluación	Valor máximo				U.	Grado de lesión
	HIII-50%		HIII-05%			
HIC36	1262	NC	838	C	-	HIII-50 percentil, inconsciente de 1 a 6 horas, con presencia de fractura en el cráneo. HIII-05 percentil, inconsciente por menos de 1 hora, fractura lineal.
HIC15	792.1	NC	759.4	C	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, 7% para cada una. HIII-05 percentil, 4% para cada una.
NIC-Tracción	3.20	C	2.83	NC	kN	HIII-50 percentil, 1%. HIII-05 percentil, 80%.
NIC-Cizalladura	-0.876	C	-1.48	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
NIC-Momento de flexión	33.1	C	101	NC	Nm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, 100%.
ThCC	-54.7	NC	-34.8	C	mm	AIS \geq 3 y AIS \geq 4. HIII-50 percentil, 20% y 0.5%. HIII-05 percentil, sin fractura.
FFC-Izquierda	3.12	C	2.78	C	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 1.5% y 1.86%. HIII-05 percentil, 2.21% y 2.36%.
FFC-Derecha	5.56	C	2.78	C	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 5.18% y 4.04%. HIII-05 percentil, 2.21% y 2.36%.
Tibia	6.52	C	2.67	C	kN	HIII-50 percentil, 46%. HIII-05 percentil, 5.17%.
Índice TI	1.847	NC	1.398	NC	-	Mayor a 1.3.
Movimiento de la articulación en la rodilla izquierda	-2.80	C	-2.50	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla derecha	-6.40	C	-1.20	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.

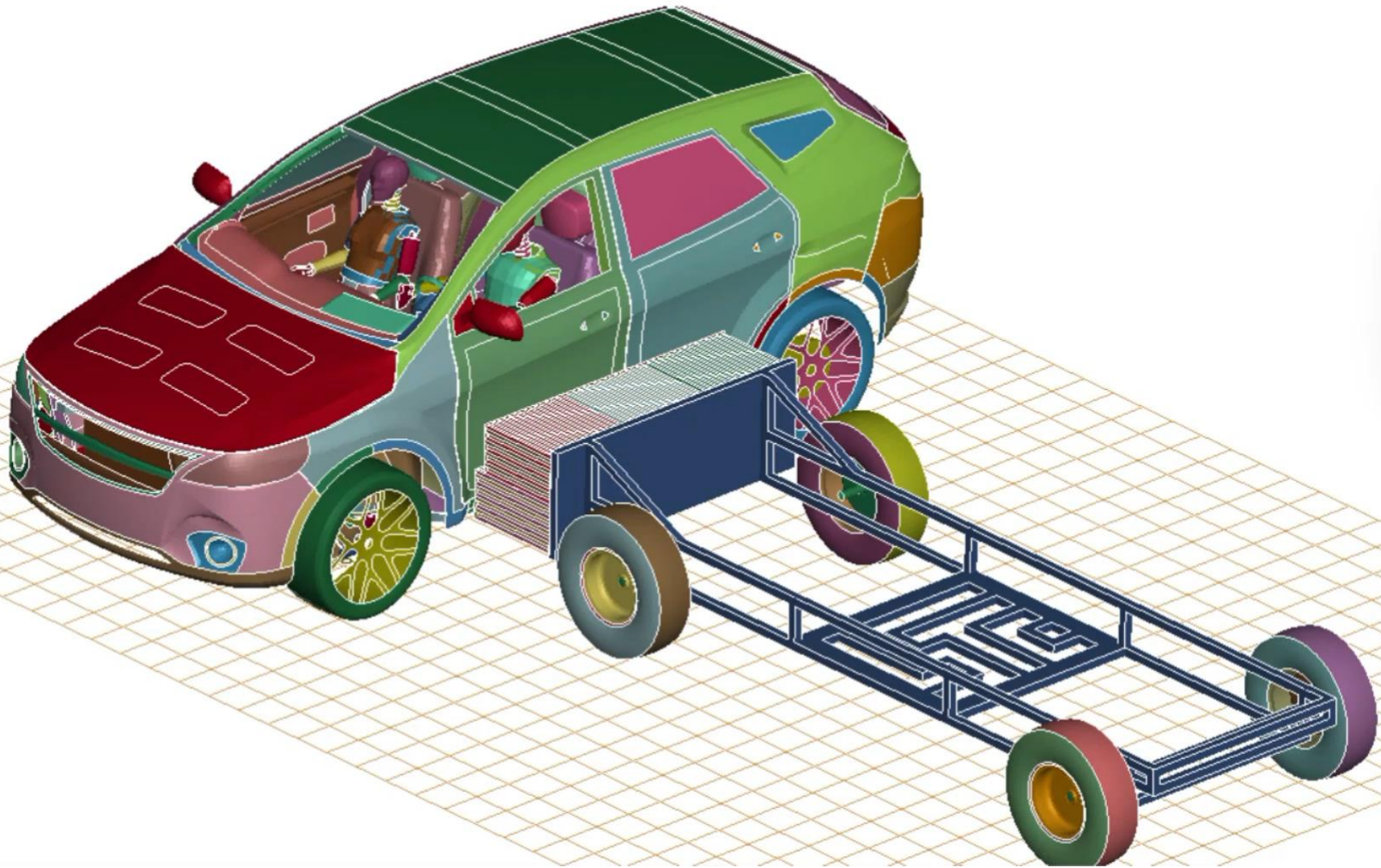


COLISIÓN LATERAL SIN SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV

Time = 0

Post



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



GRAVEDAD DE LESIÓN – COLISIÓN LATERAL SIN SEGURIDAD

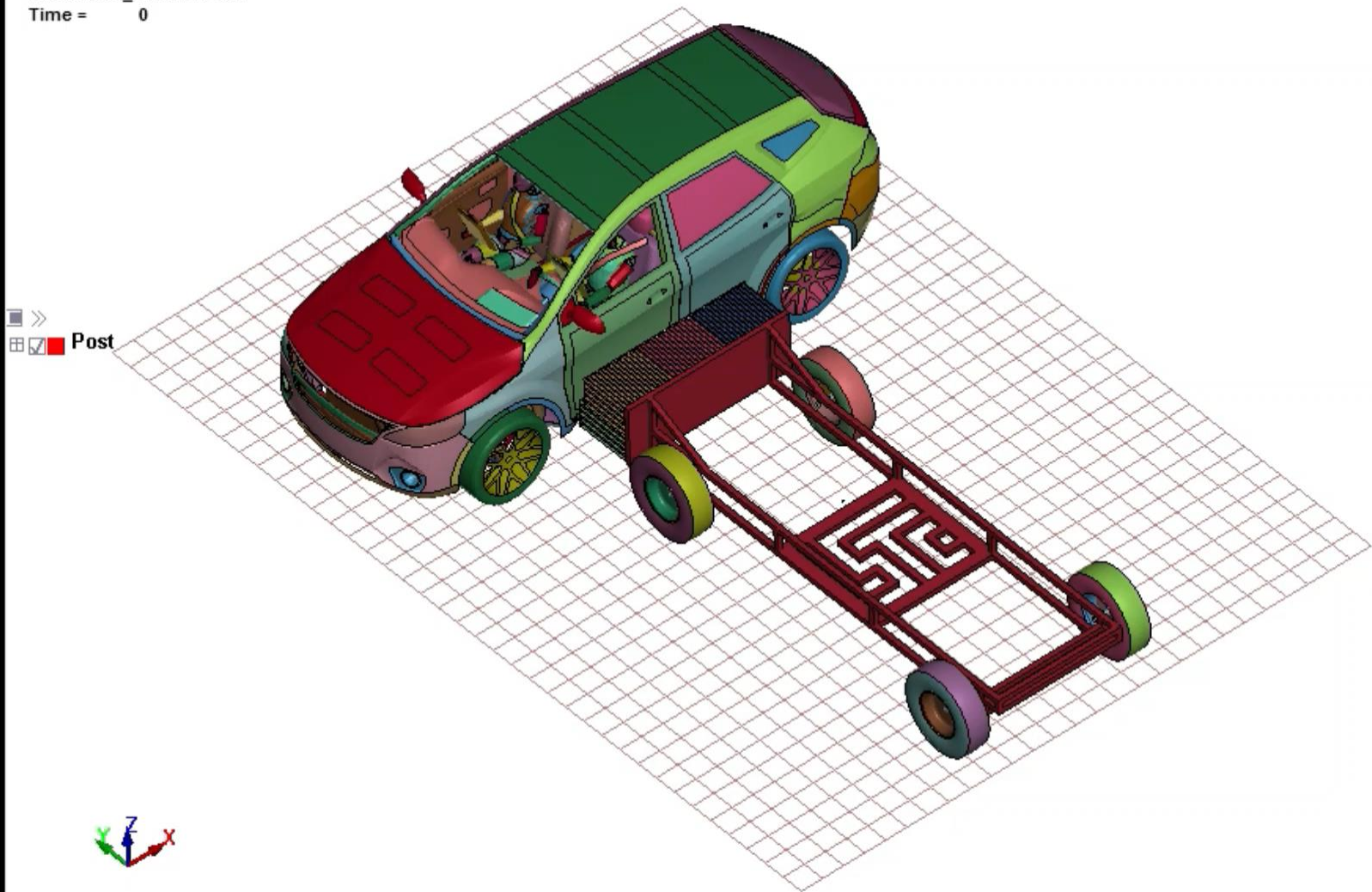
Criterio de evaluación	Valor máximo		U.	Grado de lesión
	HIII-50%	HIII-05%		
HIC36	63.51 C	12.22 C	-	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
HIC15	63.51 C	8.108 C	-	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
ThCC	0.751 C	-0.746 C	mm	AIS≥3 y AIS≥4. HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Izquierda	1.22 C	1.02 C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Derecha	1.02 C	1.09 C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
APF	0.283 C	0.169 C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.



COLISIÓN LATERAL CON SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV

Time = 0



GRAVEDAD DE LESIÓN – COLISIÓN LATERAL CON SEGURIDAD

Criterio de evaluación	Valor máximo				U.	Grado de lesión
	HIII-50%		HIII-05%			
HIC36	10.29	C	4.34	C	-	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
HIC15	6.10	C	2.32	C	-	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
ThCC	-2.46	C	-6.47	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Izquierda	0.610	C	1.43	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Derecha	0.714	C	0.393	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
APF	0.161	C	0.2	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.



VUELCO SIN SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV
Time = 0
Post



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

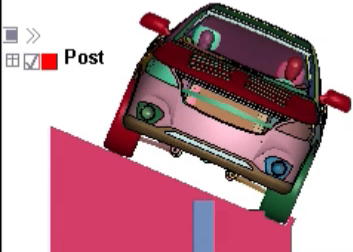
GRAVEDAD DE LESIÓN – VUELCO SIN SEGURIDAD

Criterio de evaluación	Valor máximo				U.	Grado de lesión
	HIII-50%		HIII-05%			
HIC36	148.8	C	691.8	C	-	HIII-50 percentil, dolor de la cabeza o mareo, sin fractura. HIII-05 percentil, inconsciente menos de 1 hora, fractura lineal.
HIC15	148.8	C	691.8	C	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, sin riesgo y 0.2%. HIII-05 percentil, 8% en cada una.
NIC-Tracción	-4.02	NC	-2.65	NC	kN	HIII-50 percentil, 45%. HIII-05 percentil, 60%
NIC-Cizalladura	0.657	C	1.63	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
NIC-Momento de flexión	82.6	NC	102	NC	Nm	HIII-50 percentil, 9%. HIII-05 percentil, 100%.
ThCC	-2.14	C	2.58	C	mm	AIS≥3 y AIS≥4. HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
FFC-Izquierda	-1.31	C	-1.46	C	kN	AIS≥2 y AIS≥3. HIII-50 percentil, 0.59% y 1.04%. HIII-05 percentil, 0.87% y 1.31%.
FFC-Derecha	2.26	C	-0.602	C	kN	AIS≥2 y AIS≥3. HIII-50 percentil, 0.975% y 1.41%. HIII-05 percentil, 0.468% y 0.89%.
Tibia	4.10	C	-1.28	C	kN	HIII-50 percentil, 7.39%. HIII-05 percentil, 3.29%.
Índice TI	0.755	C	0.410	C	-	Sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla izquierda	-3	C	-0.812	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla derecha	-5.19	C	-0.9	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Izquierda	5.69	C	2.15	C	kN	HIII-50 percentil, 5%. HIII-05 percentil, 2%.
PSPF-Derecha	21.9	NC	1.19	C	kN	HIII-50 percentil, 100%. HIII-05 percentil, 1%.
APF	0.348	C	0.214	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.



VUELCO CON SEGURIDAD

Simulacion_Vehiculo SUV
Time = 0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRAVEDAD DE LESIÓN – VUELCO CON SEGURIDAD

Criterio de evaluación	Valor máximo				U.	Grado de lesión
	HIII-50%		HIII-05%			
HIC36	32.8	C	26.35	C	-	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
HIC15	27.85	C	24.9	C	-	Riesgo de daño cerebral. Riesgo de fractura del cráneo. HIII-50 percentil, sin riesgo. HIII-05 percentil, sin riesgo.
NIC-Tracción	0.748	C	0.501	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
NIC-Cizalladura	-0.276	C	-0.429	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
NIC-Momento de flexión	22.9	C	27.7	C	Nm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, 1%.
ThCC	-0.0547	C	-5.24	C	mm	AIS \geq 3 y AIS \geq 4. HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
FFC-Izquierda	3.05	C	1.57	C	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 1.46% y 1.82%. HIII-05 percentil, 0.94% y 1.38%.
FFC-Derecha	2.20	C	0.945	C	kN	AIS \geq 2 y AIS \geq 3. HIII-50 percentil, 0.94% y 1.38%. HIII-05 percentil, 0.59% y 1%.
Tibia	3.20	C	2.45	C	kN	HIII-50 percentil, 8.10%. HIII-05 percentil, 4%.
Índice TI	0.636	C	1.071	C	-	Sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla izquierda	-3.73	C	-0.410	C	mm	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
Movimiento de la articulación en la rodilla derecha	-15.3	NC	-0.347	C	mm	HIII-50 percentil, fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.
PSPF-Izquierda	5.24	C	2	C	kN	HIII-50 percentil, 5%. HIII-05 percentil, 2%.
PSPF-Derecha	2.76	C	0.845	C	kN	HIII-50 percentil, 3%. HIII-05 percentil, sin fractura.
APF	0.311	C	0.356	C	kN	HIII-50 percentil, sin fractura. HIII-05 percentil, sin fractura.



CONCLUSIONES

- Se modeló un vehículo tipo SUV en base a las características de los tres modelos más comercializados en el país correspondiente a la categoría M1, de dimensiones principales como: distancia entre ejes de 2 775 mm, voladizo delantero de 908.83 mm, voladizo posterior de 988.67 mm, ancho total de 1 903.73 mm y alto total de 1 709.91 mm., con una masa total de 2166.92 kg.
- El análisis de la colisión frontal sin seguridad presentó un grave riesgo AIS 6 con pérdida de vida humana localizada en la cabeza con HIC36 de 2442 y 2535 para el Dummy HIII 50 y 05 percentil, de la misma manera el HIC15 de 2286 y 1507, donde la gravedad de riesgo en daño cerebral o fractura del cráneo fue de 96% y 95% para el conductor y 45% y 38% para el copiloto, en los demás criterios se obtuvo alta probabilidad de riesgo equivalente a fracturas con $AIS \geq 2$ y $AIS \geq 3$.
- En el ensayo de impacto lateral se obtuvo valores absolutamente bajos dentro del rendimiento máximo en seguridad, levemente se apreció que la deflexión del tórax aumentó en cada Dummy debido a la presencia del cinturón de seguridad.



- En el vuelco del vehículo sin seguridad, el criterio NIC-Tracción presenta un riesgo de traumas en el cuello del 45% y 60% para el Dummy HIII 50 y 05 percentil respectivamente, ya que se tiene valores de -4.02 kN y -2.65 kN, los cuales se encuentran fuera del rango de evaluación, así mismo se evidencia un riesgo de estrés en el ligamento cabeza-cuello del 9% y 100%, con valores de 82.6 Nm y 102 Nm. Finalmente se evidencia una fractura cerrada de la pelvis en la zona derecha del 100% en el Dummy HIII 50 percentil ya que se aplica una fuerza de 21.9 kN. En los demás criterios se obtiene una baja probabilidad de riesgo y con valores dentro de los parámetros de evaluación.
- Mediante la simulación del ensayo de colisión frontal con 40% de traslape, colisión lateral y vuelco se determinó que el primer tipo de colisión es el más susceptible a generar riesgos de fracturas o lesiones anatómicas en el cuerpo humano ficticio, aunque en cierto grado incida la implementación de los componentes de seguridad pasiva con la reducción gradual de las lesiones, no deja de ser un ambiente inseguro para los pasajeros.



RECOMENDACIONES

- Obtener planos del diseño correspondiente a los vehículos de la categoría de estudio en convenio o mediante la disposición de marca específica para adquirir dimensiones y detalles precisos con el fin de modelar un vehículo aproximado a la realidad en función a estándares de diseño internacional.
- Realizar un estudio primario de los componentes que aporten resistencia al automóvil durante una colisión, ya que estos son los primeros que se encargan de absorber o disipar la energía de impacto, a fin de determinar autopartes que no son necesarias modelarlas, puesto que no van a variar los resultados dentro de la simulación.
- Estudiar los diferentes criterios correspondientes a la calidad de malla de elementos finitos, de manera que los resultados obtenidos en el posprocesamiento sean más confiables.
- Desarrollar un estudio a detalle de los materiales textiles aplicados a bolsas airbag y cinturones de seguridad, en relación a las propiedades y características aplicadas a la simulación por software.



“Si una persona no tiene sueños no tiene razón de vivir, soñar es necesario aun cuando el sueño va más allá de la realidad, para mi soñar es uno de los principios de la vida.”

Ayrton Senna



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

