



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE AIRBAG LATERALES
IMPLEMENTADOS EN AUTOBUSES BAJO SIMULACIÓN FEM DE
VUELCO SEGÚN R66 PARA PREVENIR LESIONES EN
PASAJEROS**

AUTOR: PADILLA PADILLA CARLOS JOHEL

DIRECTOR: ING. EDWIN SALOMÓN ARROYO TERÁN, MSC.

Ibarra, septiembre 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0450052725		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Padilla Padilla Carlos Johel		
DIRECCIÓN:	San Gabriel		
EMAIL:	Karlitosp15@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0986451196

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis de la incidencia de airbag laterales implementados en autobuses bajo simulación FEM de vuelco según R66 para prevenir lesiones en pasajeros
AUTOR (ES):	Padilla Padilla Carlos Johel
FECHA: DD/MM/AAAA	21-09-2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Edwin Salomón Arroyo Terán

2. CONSTANCIAS

El autor **Padilla Padilla Carlos Johel** manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de septiembre de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Carlos Johel Padilla Padilla

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "**Análisis de la incidencia de airbag laterales implementados en autobuses bajo simulación FEM de vuelco según R66 para prevenir lesiones en pasajeros**" presentado por el señor: **Padilla Padilla Carlos Johel** con número de cédula **045005272-5**, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 21 días del mes septiembre del 2023

Atentamente



Ing. Edwin Salomón Arroyo Terán, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.2 Justificación	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Antecedentes	5
1.5 Marco Referencial.....	5
1.5.1 Vuelco.....	5
1.5.2 Registros de accidentes	5
1.5.3 Criterio de lesión Encefálica (HIC).....	6
1.6 Reglamentación	7
1.6.1 NTE INEN 1323: Requerimientos para Carrocerías de Buses en el país	7
1.6.2 Disposiciones generales	7
1.7 NTE 1668: Vehículos de Transporte Público de Pasajeros Interprovincial Intrarregional e Interprovincial	10
1.7.1 Requisitos	11
1.8 Reglamento 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa	12
1.8.1 Anexo 5	14
1.8.2 Anexo 6	16
1.9 Dummy	19
1.10 Airbag.....	20
2. CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	22
2.1 Modelado	22
2.2 PRE-PROCESAMIENTO DE LA SECCIÓN DE CARROCERÍA.....	25
2.2.1 Generación de malla.....	26
2.3 Simulación	27
2.3.1 Material utilizado	28
2.4 Posición del maniquí.....	30
2.5 Cálculo de la velocidad angular para el vuelco	30
2.6 Simulación de vuelco sin Airbag	35

2.6.1 Condiciones de simulación.....	38
2.6.2 Contactos.....	42
2.7 Simulación de vuelco con Airbag	43
2.7.1 Condiciones de simulación.....	44
2.7.2 Contactos.....	45
2.8 Flujo másico del airbag.....	46
2.8.1 Airbag de menor flujo másico	46
2.8.2 Flujo másico moderado del airbag	48
3. CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1 Simulación de vuelco sin airbag	50
3.1.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco sin airbag	50
3.2 Simulación de vuelco con airbag de menor flujo másico.	52
3.2.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco con airbag de menor flujo másico.....	53
3.3 Simulación de vuelco con airbag de flujo másico moderado.	55
3.3.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco con airbag de flujo másico moderado.....	57
3.4 Análisis De Resultados	59
3.5 Discusión De Resultados	61
4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
4.1 CONCLUSIONES	63
4.2 RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de vehículos involucrados	6
Figura 1.2	Especificaciones del espacio de supervivencia	13
Figura 1.3	Geometría del banco de ensayo	15
Figura 1.4	Campo de visión recomendado de la cámara exterior	16
Figura 1.5	Curva carga-deformación	17
Figura 1.6	Movimiento vertical del centro de gravedad	19
Figura 1.7	Modelo Cad Dummy Hybrid III 50% Hombre	20
Figura 1.8	Modelo de airbag	21
Figura 2.1	Sección de carrocería modelada en un software CAD.	22
Figura 2.2	Vistas generales de la sección de carrocería con el asiento.	25
	Visualización de las diferentes vistas y su respectivo ensamblaje del asiento	25
Figura 2.3	Malla generada en todos los elementos de la sección de carrocería.	26
Figura 2.4	Parámetros para el índice Jacobiano.	26
Figura 2.5	Índice de calidad de malla para el modelo final de la sección de carrocería	27
Figura 2.6	Caracterización del material.	29
Figura 2.7	Ingreso de las propiedades del acero.	29
Figura 2.8	Posición del maniquí en la sección de carrocería.	30
Figura 2.9	Punto inicial de ensayo de vuelco.	32
Figura 2.10	Distancias en los ejes X (X_{cg}) y Y (Y_{cg}) al centro de gravedad.	33
Figura 2.11	Punto de equilibrio inestable del ensayo de vuelco.	33
Figura 2.12	Punto de primer contacto con el suelo.	34
Figura 2.13	Valor de radio de giro	35
Figura 2.14	Modelo de simulación para vuelco sin airbag.	36
Figura 2.15	Características del modelo de simulación de vuelco sin airbag.	37

Figura 2.16	Restricciones de desplazamiento y rotación en todos los ejes.	38
Figura 2.17	Nuevo valor del radio de giro.	39
Figura 2.18	Ubicación de las componentes de la velocidad.	40
Figura 2.19	Medición de ángulos de las componentes.	41
Figura 2.20	Velocidad asignada a la sección de carrocería.	42
Figura 2.21	Contactos utilizados en la modelo de simulación de vuelco.	42
Figura 2.22	Modelo de simulación para vuelco con airbag de menor flujo másico.	43
Figura 2.23	Características del modelo de simulación de vuelco con airbag.	44
Figura 2.24	Restricciones de desplazamiento y rotación en todos los ejes.	45
Figura 2.25	Velocidad asignada a la sección de carrocería.	45
Figura 2.26	Contactos utilizados en la modelo de simulación de vuelco.	46
Figura 2.27	Curva de flujo másico vs tiempo del airbag de menor flujo másico.	47
Figura 2.28	Ingreso de las propiedades del airbag de menor flujo másico.	47
Figura 2.29	Curva de flujo másico vs tiempo del airbag de flujo másico moderado.	48
Figura 2.30	Ingreso de las propiedades del airbag de flujo másico moderado.	49
Figura 3.1	Secuencia del vuelco de la sección de carrocería sin airbag.	50
Figura 3.2	Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.	51
Figura 3.3	Curva de Índice de severidad en el pecho.	51
Figura 3.4	Curva del desplazamiento del tórax.	52
Figura 3.5	Secuencia del vuelco de la sección de carrocería con airbag de menor flujo másico.	53
Figura 3.6	Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.	54
Figura 3.7	Curva de Índice de severidad en el pecho.	54
Figura 3.8	Curva del desplazamiento del tórax.	55
Figura 3.9	Secuencia del vuelco de la sección de carrocería con airbag de flujo másico moderado.	56
Figura 3.10	Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.	57

Figura 3.11 Curva de Índice de severidad en el pecho.	58
Figura 3.12 Curva del desplazamiento del tórax.	58
Figura 3.13 Criterio de lesión de la cabeza	59
Figura 3.14 Índice de severidad del pecho (CSI).	60
Figura 3.15 Desplazamiento del tórax (mm).	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cargas vivas de diseño	9
Tabla 1.2 Largo total del vehículo	10
Tabla 1.3 Altura total máxima	11
Tabla 2.1 Especificaciones de los tubos utilizados	23
Tabla 2.2 Especificaciones de la sección de carrocería modelada.	23
Tabla 2.3 Especificaciones generales del asiento.	24
Tabla 2.4 Unidades Utilizadas.	27
Tabla 2.5 Propiedades del acero ASTM A500.	28
Tabla 2.6 Características del modelo de simulación.	38
Tabla 2.7 Condiciones de simulación.	43
Tabla 2.8 Características del modelo de simulación.	44
Tabla 2.9 Condiciones de simulación.	48
Tabla 2.10 Condiciones de simulación.	49

ÍNDICE DE ANEXOS

1 Propiedades Mecánicas (ASTM).	67
2 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 1323: 2009, NTE INEN 1668: 2015 y NTE INEN 2415: 2013	67

RESUMEN

El trabajo de grado se realizó respectivamente con la implementación de un sistema de seguridad pasiva de airbag lateral, implementado en buses de pasajeros para precautelar la seguridad de las personas por medio de una simulación de vuelco, para esto se tomó una parte de la estructura del autobús bajo normativas INEN el cual está establecido en el país, y a disposición de la gente y al cumplimiento de los carroceros. El siguiente Reglamento Nro. 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) se encarga de la homologación de vehículos de grandes dimensiones respecto a la resistencia de la superestructura. Por otra parte, se habla del Reglamento Nro. 94 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) que es encargada de la homologación de los vehículos en lo relativo a la protección de sus ocupantes el cuál son apartados que hay que cumplir a cabalidad para la edificación de la estructura, resistencia y la seguridad de los ocupantes.

Para esta simulación se realizó varias pruebas de vuelco con airbag de flujo másico moderado, de menor flujo másico y sin airbag, de tal forma que se visualizó los criterios de lesión (HIC), el índice de severidad torácica (CSI) y el desplazamiento del tórax (mm). Valores que permitieron evaluar el índice de mortalidad y protección contra el Dummy.

En definitiva, si se selecciona un sistema de seguridad pasiva (airbag), el índice de gravedad puede reducir en un 70,5% a los criterios de lesión de la cabeza HIC con un valor de 67,5 en lo que respecta a la simulación de airbag de menor flujo másico, en cambio el criterio de lesión en la cabeza sin airbag es de 229,5 HIC el cual está dentro del rango permitido por el Reglamento N^o 94, pero por tratarse de una parte del cuerpo muy crítica éste valor podría afectar y la persona quedaría con problemas de salud graves.

Palabras Clave: Airbag, Vuelco, Lesión, Dummy, Simulación, índice de severidad.

ABSTRACT

The degree work was carried out respectively with the implementation of a side airbag passive safety system, implemented in passenger buses to protect the safety of people through a rollover simulation, for this a part of the structure of the bus was taken. bus under INEN regulations which is established in the country, and available to the people and to the compliance of bodybuilders. The following Regulation No. 66 of the United Nations Economic Commission for Europe (CEPE) deals with the approval of large vehicles with respect to the resistance of the superstructure. On the other hand, there is talk of Regulation No. 94 of the Economic Commission for Europe (CEPE) which is in charge of the approval of vehicles in relation to the protection of its occupants, which are sections that must be fully complied with for the construction of the structure, resistance and safety of the occupants.

For this simulation, several rollover tests were carried out with an airbag of moderate mass flow, with a lower mass flow and without an airbag, in such a way that the injury criteria (HIC), the thoracic severity index (CSI) and the displacement of the thorax (mm). Values that allowed evaluating the mortality rate and protection against the Dummy.

In short, if a passive safety system (airbag) is selected, the severity index can reduce the HIC head injury criteria by 70.5% with a value of 67.5 in regards to simulation airbag with lower mass flow, on the other hand, the criterion for head injury without an airbag is 229.5 HIC, which is within the range allowed by Regulation No. 94, but since it is a very critical part of the body, this value could affect and the person would be left with serious health problems.

Keywords: Airbag, Rollover, Injury, Dummy, Simulation, severity index.

INTRODUCCIÓN

La seguridad en los pasajeros en un viaje es muy importante y más si se trata de salvaguardar el bienestar de una persona, todo este proceso se hizo con fines de incrementar otras expectativas en el campo automotriz para ayudar a mejorar los métodos de protección como el cinturón de seguridad, el airbag o más conocido como los sistemas de seguridad pasiva (Güler & Atahan, n.d.). El respectivo análisis e investigación se la cumplió mediante software CAD / CAE, los cuales permitieron realizar las respectivas simulaciones y pruebas de vuelco según el Reglamento N° 66 el cual menciona que procesos seguir para realizar el respectivo estudio de manera efectiva y correcta. De igual forma, el Reglamento N° 94 interviene en la protección de los ocupantes y brindar un servicio seguro.

Se diseñó la respectiva sección de estructural del autobús, la cual fue construida bajo normativa INEN y con su respectivo material que se utiliza en el campo de fabricación. Mientras tanto el sistema de protección en este caso el airbag es ensamblado tomando en cuenta el centro de la cabeza del Dummy de prueba el que brinda los pertinentes resultados de lesión para sí mismo.

Todo este proceso se ejecutó gracias a programas, softwares que permiten diseñar, simular y sobre todo generar los resultados para luego ser comparados con el reglamento antes mencionado.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo General*

Analizar la incidencia de airbags laterales para prevenir lesiones en pasajeros implementados en autobuses en simulaciones FEM de vuelco según CEPE R66.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Modelar una sección de una carrocería de bus por medio de un programa CAD en base de las normativas INEN para construcción de autobuses vigentes que represente la modalidad de bus interprovincial.
- Diseñar un sistema de airbag lateral utilizando herramientas computacionales como software CAD/CAE para prevenir lesiones en los pasajeros de buses al producirse colisiones de vuelco.
- Simular un evento dinámico de colisión de vuelco ensamblando a una sección de carrocería de autobús con maniquí de pruebas de impacto HIBRIDO III 50% hombre, con y sin airbag, para verificar lesiones utilizando un software CAE especializado.
- Analizar resultados comprobando las simulaciones de vuelco propuestas para cotejar la incidencia para la seguridad de pasajeros al implementar sistemas de airbag en vuelcos de autobuses utilizando métodos estadísticos.

1.2 Justificación

En la actualidad, no existe una entidad donde se puede visualizar las causas de incidentes producidos en la carretera en lo que respecta a bus interprovincial. Si bien se dice que la seguridad en los vehículos es muy primordial salvaguardar la vida de la persona que está disponiendo de ese servicio con la finalidad de asegurar que si en algún momento del trayecto logrará suceder algún accidente de este tipo, tenga la certeza de que su vida no va a correr peligro y se sienta seguro al viajar.

Por medio de esta investigación que va a ser un método de mejora donde pondrá a prueba la implementación de airbags laterales en la parte de una sección del autobús interprovincial y simular el mismo, en este proceso de volcadura se consigue determinar o verificar mediante el software si este sistema reduce un porcentaje en lo que respecta a lesiones o aumenta el daño de alguna lesión.

La parte del ensayo en sí es un evento controlado el cual va estar ubicado en una plataforma basculante que se encuentra elevada a 800mm de altura con relación al suelo, la plataforma conjuntamente con el bus gira con respecto a un eje de giro con una velocidad angular de 0,09rad/s aproximadamente, hasta que el autobús pierda contacto con la plataforma y caiga por gravedad. Una vez que sobrevenga este se deformará y se podrá visualizar si sufrió o no alguna avería en la zona de supervivencia y con esto determinar si el maniquí presentó alguna lesión o no (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011).

En lo que tiene que ver con el maniquí o Dummy Hybrid III va a obtener una masa de 68kg el cual va a estar subordinado a este evento de volcadura y al mismo tiempo colocado un cinturón de 2 puntos donde se simulará y determinará que tipo de lesiones puede sufrir con y sin airbag (Albert et al., 2018).

Mediante el uso del software CAE se logra acatar todas las propuestas y determinar qué resultados va a generar al simular dicho evento, para que luego de este ensayo se someta a una delimitación de resultados que van a hacer de utilidad tanto para la carrera, universidad y la ciudadanía (Kadir Elitok, Dr. Megmet A. Guler, n.d.).

1.3 Alcance

Para el presente proyecto se propone modelar una sección de carrocería que contenga las dimensiones indicadas en la normativa NTE INEN 1668 para construcción de autobuses interprovinciales, el módulo constará de 2 ventanas distribuidas en 1 fila de asientos (NTE INEN 1668, 2015).

El asiento del autobús al ser un elemento importante para las simulaciones se plantea un diseño el mismo que cuenta con las disposiciones indicadas en la normativa para construcción de vehículos interprovinciales NTE INEN 1668 (NTE INEN 1668, 2015).

1.4 Antecedentes

La seguridad de los pasajeros por parte de las empresas de autobuses, a principios del 2000 se empezó a generar reglamentos y normativas de construcción de autobuses con el objetivo de precautelar la seguridad de los pasajeros, por ejemplo: Se publicaron reglamentos y normativas como RTE/NTE INEN 043, 041, 038, 1668, 1669, 2205 entre otras (Kadir Elitok, Dr. Megmet A. Guler, n.d.). En el 2009 se publicó una de las normativas más importantes enfocadas a la seguridad NTE INEN 1323, que pasó a ser de cumplimiento obligatorio para todas las empresas nacionales e internacionales que quisieran comercializar autobuses en el país.

Debido a la demanda creciente de transporte de personas y carga a bajo costo los autobuses se volvieron muy populares. Por esta razón empezaron a crearse las primeras empresas a nivel nacional, buses a menor costo y además la creación de leyes para proteger la industria ecuatoriana, de esta manera consolidaron una industria automotriz propia en el país. Desde este periodo de tiempo se estableció una industria de carrocerías de buses sostenible en el país con el fin de equipar con instrumentos que ayuden a la seguridad del pasajero que en este caso vendría siendo la implementación de airbags laterales, que serán colocados en el bus y simulados por medio de un software donde reflejaran los distintos resultados del ensayo (Thomas Built Buses, 2023).

1.5 Marco Referencial

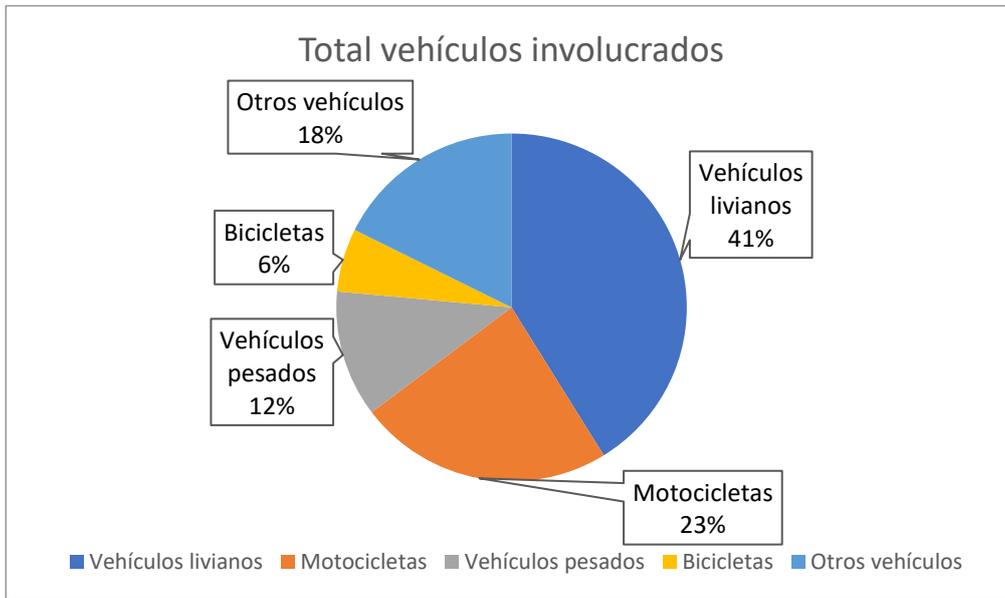
1.5.1 Vuelco

Es la acción que se produce al girar o volcar, es decir que se trata de una maniobra no deseada de la estructura o carrocería por lo que sus ruedas se quedarán de forma horizontal liberándolas del pavimento y perdiendo de esta manera su centro de gravedad la cual permite equilibrar el vehículo (Julio Velásquez, 2023).

1.5.2 Registros de accidentes

Para fomentar el número de vuelcos que se ha producido en los meses de enero a junio del 2022, la Agencia Nacional de Tránsito otorga estas estadísticas las cuales son muy superiores a comparación del año 2021, habla de que se ha producido 146 volcamientos de los cuales el 41.8% están sometidos los pasajeros generando una cantidad de 1056 personas fallecidas durante todo ese trimestre (Instituto Nacional de Estadísticas - Censos, 2022).

Figura 1.1 Diagrama de vehículos involucrados



Cantidad de vehículos que han sido involucrados en un siniestro de tránsito, teniendo en cuenta el tipo y la clase de vehículo. Tomado de (Instituto Nacional de Estadísticas - Censos, 2022).

Una de las consecuencias por el cual se produce este tipo de accidentes donde se encuentran involucrados los buses interprovinciales es el exceso de velocidad, el irrespeto de los conductores, la competencia entre cooperativas y el mal estado de las vías.

1.5.3 Criterio de lesión Encefálica (HIC)

Con sus siglas en inglés (Head Injury Criterion) indica la estimación de una fractura o lesión, mientras mayor sea el valor de HIC en este caso supere los 1000, existe menos probabilidad de que sobreviva la persona, este apartado se lo utiliza para este tipo de simulaciones para determinar su comportamiento del Dummy (Román, 2011).

Su valor de HIC se obtiene a través de la curva de deceleración que se consigue al ensayar y por medio de acelerómetros que contiene el Dummy permite determinar los valores de impacto que ha sufrido este maniquí (Jones et al., 2019).

El Reglamento Nro. 94 de la Comisión Económica para Europa, muestra valores límites los cuales se puede asemejar a la realidad y comparar con la simulación y poder definir si esa persona presentará una lesión grave que puede llegar a sufrir un derrame cerebral y consecuentemente a la muerte en cuanto a la cabeza, de igual forma, el pecho y el tórax el cual posiblemente presente un hueso roto o una lesión fuerte (Europa, 2010).

1.6 Reglamentación

1.6.1 NTE INEN 1323: Requerimientos para Carrocerías de Buses en el país

Dicha norma instaure las exigencias generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades. Esta norma se emplea a todas las carrocerías de buses sean importadas o de construcción nacional, de igual forma circunscribe a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportante. (NTE INEN 1323, 2009, p.1)

1.6.2 Disposiciones generales

“La normativa instituye las consideraciones de diseño, descripciones técnicas del chasis, estabilidad, confort, mantenimiento, seguridad, métodos de anclaje y montajes, y mayorías de la superestructura, de este modo se exponen los aspectos que considera la normativa” (NTE INEN 1323, 2009, p.4).

Detalles del chasis

- Tipo de servicio de la carrocería.
- Peso bruto vehicular (PBV).
- Capacidad de carga de los ejes.
- Peso del chasis en vacío o tara, total y por los ejes.
- Relación peso/potencia.

Estabilidad

- Distribución de masa.
- Altura del centro de gravedad.
- Dimensiones de la carrocería.
- Rigidez de suspensión.
- Capacidad de inclinación (rolido).

Confort

- Aislamiento acústico y térmico.
- Ventilación.
- Hermeticidad.
- Ergonomía.

Mantenimiento

- Accesibilidad a los elementos del vehículo.

Seguridad

- Seguridad activa y pasiva.

Método de anclaje y montaje

- Disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado).

Estructura

- Materiales metálicos y no metálicos.
- Uniones y juntas.
- Tratamientos de materiales.
- Geometría.
- Resistencia estructural.

Requisitos

Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al 50% del peso máximo admisible, para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformación en ningún punto que destaquen los 70mm.

Durante el ensayo de resistencia de la estructura o una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Reglamento n° 66 Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (NTE INEN 1323, 2009, p.7)

Tabla 1.1 Cargas vivas de diseño

Tipo de servicio	Masa de un ocupante	Masa mínima de equipaje de mano por pasajero (kg)	Masa mínima de equipaje a transportarse en bodegas porta equipajes(kg)	Espacio necesario por pasajero de pie(m²)
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Interprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

Fuente:(NTE INEN 1323, 2009, p.5)

Rotulado

“Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso, visible, legible y debe disponer de al menos la siguiente información”. (NTE INEN 1323, 2009, p.8)

- Nombre de la empresa fabricante de la carrocería.
- Número de certificado de evaluación de la conformidad de la estructura (NCE).
- Capacidad de pasajeros.
- Fecha de la fabricación (de finalización) (MM/AAAA).
- Número de producción (seis dígitos alfanuméricos).
- Número de chasis (VIN).
- País de origen de la carrocería
- Tamaño mínimo de la placa: 148,5mm de largo y 105mm de ancho (formato A6).

Ensayos

La estructura del bus se ensayará por cualquiera de los métodos de ensayo contemplados en el numeral 6 del documento de optimización de la estructura de un autobús para el cumplimiento de normas antivuelco ECE-R66, de la Comisión

Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU). El reglamento abarca los diferentes tipos de ensayo los cuales son. (NTE INEN 1323, 2009, p.8)

- Ensayo de vuelco como método básico de homologación.
- Ensayo de vuelco utilizando secciones de la carrocería como método de homologación equivalente.
- Ensayo de carga cuasi estática de secciones de la carrocería como método de homologación equivalente.
- Cálculo cuasi estático basado en el ensayo de componentes como método de homologación equivalente.
- Simulación de un vuelco de un vehículo como método de homologación equivalente.

1.7 NTE 1668: Vehículos de Transporte Público de Pasajeros Interprovincial Intrarregional e Interprovincial

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros, de igual forma aplica a los vehículos diseñados y equipados para el transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e interprovincial de un solo piso, sean importados, ensamblados o fabricados en el país con la finalidad de salvaguardar la seguridad de las personas durante un viaje. (NTE INEN 1668, 2015, p.1)

Clasificación

Para diferenciar como se puede determinar qué tipo de vehículo es o sus características de las cuales los diferencian unos de otros a continuación se presenta unas **Tabla** y **Tabla 1.1** con dicha información de cada tipo de bus.

Tabla 1.2 Largo total del vehículo

Tipo de vehículo	Número de ejes	Largo total mm
Bus	De dos ejes	10 250 a 13 300
Bus	De tres ejes o más	10 250 a 15 000
Minibús	De dos ejes	Máximo 10 000

Fuente:(NTE INEN 1668, 2015, p.7)

Ancho

La carrocería del bus y minibús no debe sobresalir en más de 75 mm a cada lado con respecto al ancho máximo del chasis, el ancho máximo del vehículo debe ser 2600 mm medidos en las partes más salientes de la estructura.

Tabla 1.1 Altura total máxima

Tipo de vehículo	Altura total máxima
Bus	3800 mm
Minibús	3300 mm

Fuente:(NTE INEN 1668, 2015, p.7)

“La medición de la altura total del vehículo debe realizarse entre la calzada y el techo de la carrocería, sin tomas de ventilación superior” (NTE INEN 1668, 2015, p.7).

1.7.1 Requisitos

Chasis

El diseño del bastidor debe ser para transporte de pasajeros, con las modificaciones, aditamentos o extensiones que estén permitidas en el manual de fabricación y montaje de carrocería que sean autorizados por el fabricante. El manual de fabricación y montaje de carrocería debe estar en idioma español. (NTE INEN 1668, 2015, p.5)

Capacidad del bastidor

“Debe disponer de una capacidad máxima de pasajeros, de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Tránsito Terrestre y Seguridad Vial y su reglamento de aplicación” (NTE INEN 1668, 2015, p.5).

Carrocería

Los materiales de la estructura del vehículo deben ser perfiles y tubería estructural protegido contra la corrosión que cumplan con NTE INEN 2415 y la NTE INEN 1623; dicha estructura debe garantizar características de solidez, resistencia y seguridad, obedeciendo siempre los requisitos de esta norma. (NTE INEN 1668, 2015, p.5)

Uniones chasis-carrocería

“Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizan siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocería” (NTE INEN 1668, 2015, p.6).

1.8 Reglamento 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa

El Reglamento nº 66, define que la superestructura del autobús tendrá la resistencia suficiente para asegurar que durante y después de un vuelco, ninguna parte desplazada del vehículo invada el espacio de supervivencia y ninguna parte del espacio de supervivencia sobresalga de la estructura deformada.

“Este reglamento es aplicado a los vehículos que pertenecen a las categorías M2 y M3, aquellos destinados al transporte de pasajeros y su equipaje” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.7).

Campo de aplicación

El presente reglamento se aplica a los vehículos de un solo piso, rígidos o articulados, pertenecientes a la categoría M2 y M3, a la clase II o III o a la clase B, para más de 16 personas.

“A petición del fabricante, el presente reglamento también podrá aplicarse a cualquier otro vehículo perteneciente a la categoría M2 o M3 que no se incluya en el apartado anterior” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.2).

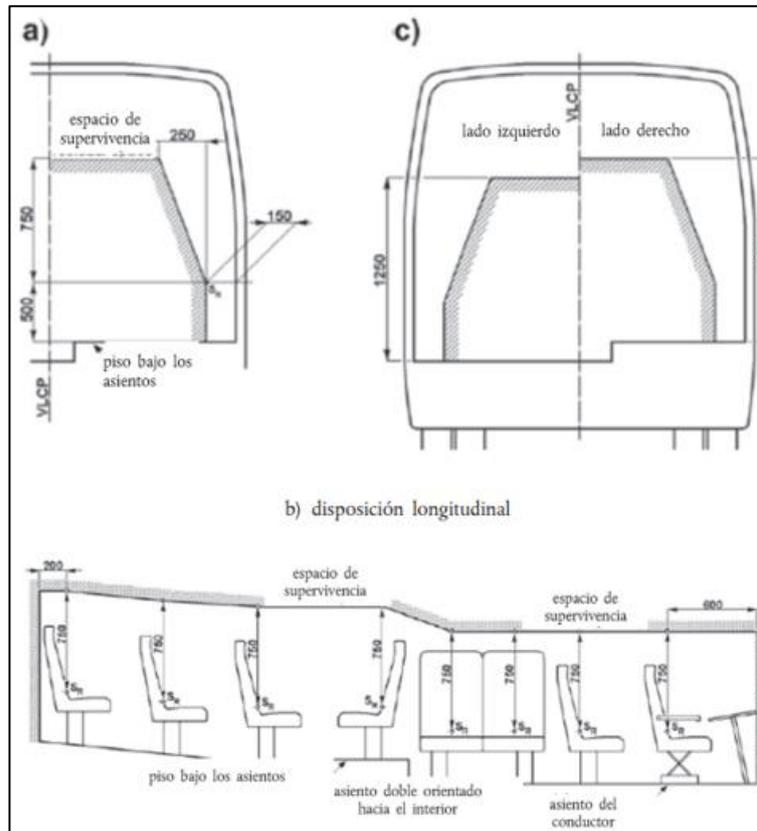
Espacio de supervivencia

El espacio de supervivencia es un volumen que está presente en el compartimiento de pasajeros desplazado en línea recta el plano vertical y transversal, de manera que pase por los puntos S_R , que están situados en el respaldo de cada asiento, 500 mm por encima del piso, situado abajo del asiento y a 150 mm de la superficie inferior de la pared lateral,

Figura 1.2 Especificaciones del espacio de supervivencia, desde el inicio hasta el final. Estas condiciones tienen como finalidad de salvaguardar la vida de los pasajeros al momento que un autobús sufre un vuelco y que ninguna parte de

la estructura invade el espacio de supervivencia. (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, pp7-8)

Figura 1.2 Especificaciones del espacio de supervivencia



Zona de supervivencia con sus respectivas distancias correspondientes y medidas de espaciamiento.

Tomado de (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, pp 8-9)

Dirección del ensayo de vuelco

El ensayo de vuelco se llevará a cabo en el lado del vehículo que sea más peligroso con respecto al espacio de supervivencia. La decisión la tomará el servicio técnico basándose en la propuesta del fabricante y teniendo en cuenta, como mínimo, los siguientes elementos. (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.10)

- La excentricidad lateral del centro de gravedad y su efecto sobre la energía de referencia en la posición inicial, inestable, del vehículo.
- La asimetría del espacio de supervivencia.
- Las características de construcción diferentes y asimétricas de los dos lados del vehículo y el soporte que proporcionan los tabiques o habitáculos internos (por

ejemplo, el ropero, el aseo o la cocina). El lado con menos soporte será el elegido como dirección del ensayo de vuelco.

Determinación del centro de gravedad del vehículo

La energía de referencia y la energía total que van a ser absorbidas en el ensayo de vuelco dependen directamente de la posición del centro de gravedad del vehículo. Por tanto, su determinación debería ser lo más precisa posible. El servicio técnico registrará para su evaluación el método de medición de las dimensiones, los ángulos y los valores de carga, así como la precisión de las mediciones. Es necesario que los equipos de medición ofrezcan la precisión siguiente. (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.16)

- Para mediciones inferiores a 2 000 mm, precisión de ± 1 mm
- Para mediciones superiores a 2 000 mm, precisión de $\pm 0,05$ %
- Para ángulos medidos, precisión de ± 1 %
- Para valores de carga medidos, precisión de $\pm 0,2$ %

La posición del centro de gravedad se define mediante tres parámetros:

- Distancia longitudinal (l_t), desde la línea central del eje frontal.
- Distancia transversal (t), desde el plano central longitudinal vertical del vehículo.
- Altura vertical (h_0), por encima del nivel del suelo plano horizontal cuando los neumáticos están inflados con arreglo a lo especificado para el vehículo.

1.8.1 Anexo 5

Banco de ensayo

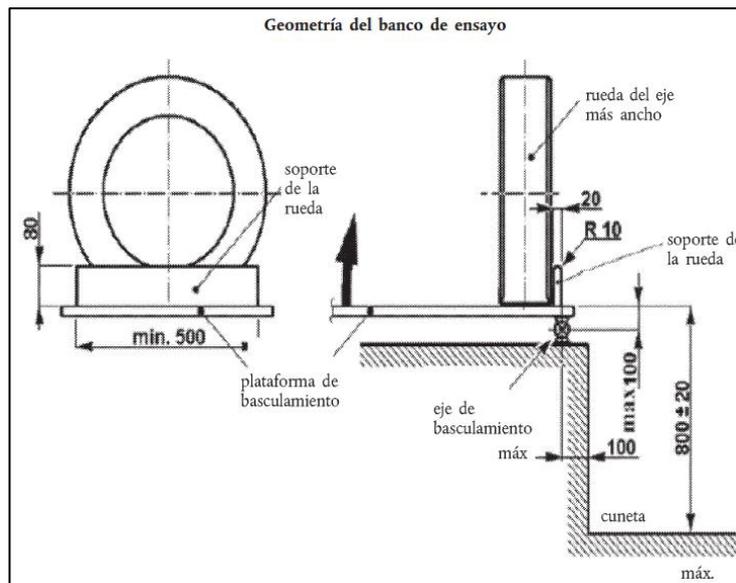
La plataforma de basculamiento será lo suficientemente rígida y la rotación estará lo suficientemente controlada como para garantizar el levantamiento simultáneo de los ejes del vehículo con una diferencia inferior a 1° en los ángulos de basculamiento de la plataforma, medidos debajo de los ejes

“La diferencia de altura entre el plano inferior horizontal de la cuneta **Figura 1.3** Geometría del banco de ensayo y el plano de la plataforma de basculamiento sobre la que está colocado el autobús será de 800 ± 20 mm” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.25).

La plataforma de basculamiento se colocará de la manera siguiente con respecto a la cuneta:

- Su eje de rotación será de un máximo de 100mm desde la pared vertical de la cuneta.
- Su eje de rotación será un máximo de 100mm por debajo del plano de la plataforma de basculamiento horizontal.

Figura 1.3 Geometría del banco de ensayo



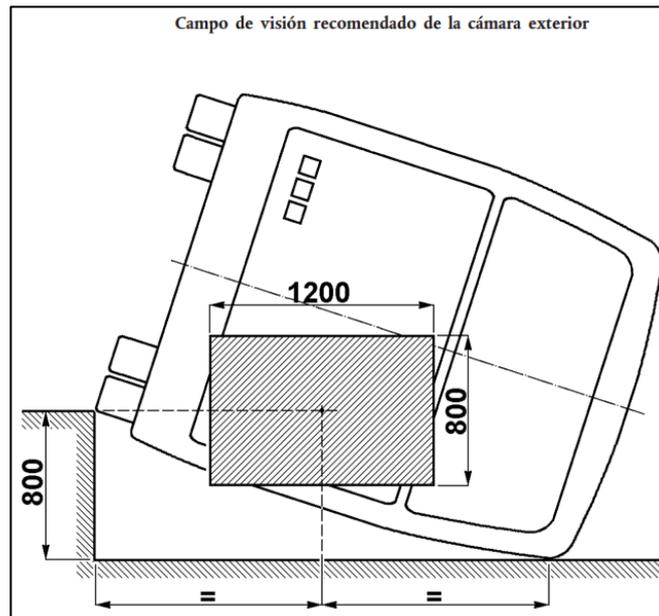
Proceso de ensayo el cual debe ser alineado y puesto en una posición de acuerdo a las especificaciones. Tomada de (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.25).

Procedimiento y proceso de ensayo

El ensayo de vuelco es un proceso muy rápido y dinámico con etapas diferenciadas, lo que debería tenerse en cuenta a la hora de planificar el ensayo, sus instrumentos y sus mediciones.

El vehículo basculará sin balancearse y sin efectos dinámicos hasta que alcance el equilibrio inestable y comience el vuelco **Figura 1.4**, la velocidad angular de la plataforma de basculamiento no superará los 5 grados por segundo 0,087 radianes por segundo. (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.28)

Figura 1.4 Campo de visión recomendado de la cámara exterior



Momento exacto donde se puede visualizar el tope de la carrocería con el suelo y de igual forma la posición del centro de gravedad. Tomada de (Kadir Elitok, Dr. Megmet A. Guler, n.d, p.3)

1.8.2 Anexo 6

Ensayo de vuelco utilizando secciones de la carrocería como método de homologación equivalente.

Banco de ensayo

El banco de ensayo deberá cumplir los requisitos del anexo 5, punto 1.

Preparación de las secciones de la carrocería

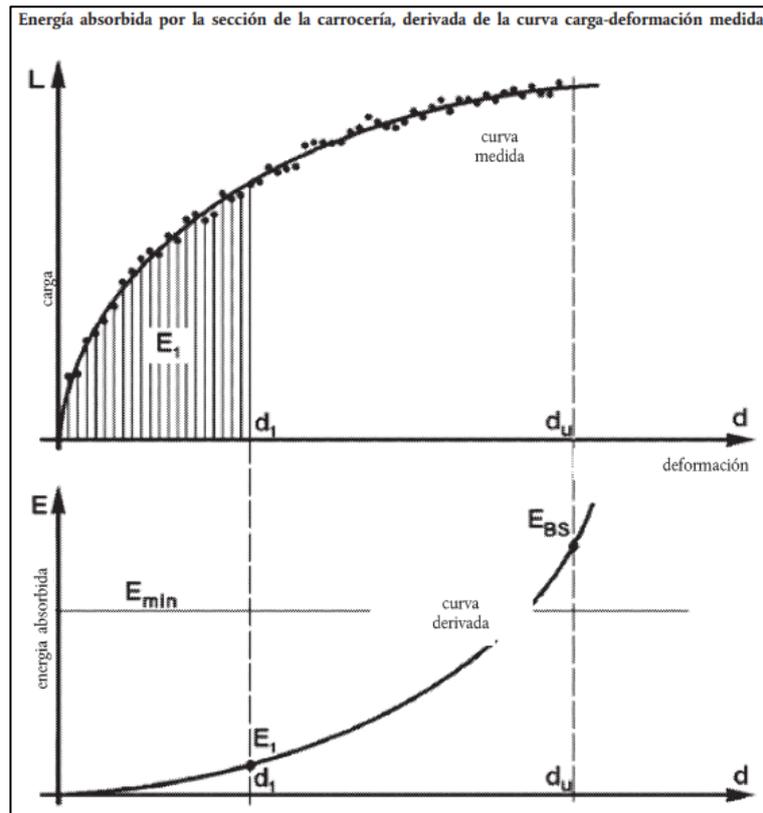
“El número de secciones de la carrocería que van a someterse a ensayo quedará determinado por las reglas siguientes” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.30).

- Las distintas configuraciones de los segmentos que forman parte de la superestructura se someterán a ensayo, como mínimo, en una sección de la carrocería.
- Cada sección de la carrocería como mínimo dos segmentos.
- En una sección artificial de la carrocería la proporción de la masa de cualquier segmento con respecto a cualquier otro no excederá de 2.

Evaluación de los resultados de ensayo

“A partir del trazado de la curva carga-deformación, la energía real absorbida por la sección de la carrocería (E_{BS}) se expresará como el área por debajo de la curva **Figura 1.5**” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.31).

Figura 1.5 Curva carga-deformación



Curva de deformación la cual va estar expuesta al momento de hacer la simulación de vuelco. Tomada de (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.34).

“La energía mínima que es necesario que absorba la sección de la carrocería (E_{min}) se determinará de la manera siguiente” (Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.34)

La energía total (E_T) que ha de absorber la superestructura es:

$$E_T = 0,75M_g\Delta h \quad [1]$$

Donde:

M: M_K , la masa en orden de marcha del vehículo, si no está equipado con dispositivos de retención o M_t , la masa total efectiva del vehículo, si está equipado con dispositivos de retención.

g: la constante gravitacional

Δh : el movimiento vertical (m) del centro de gravedad del vehículo durante un ensayo de vuelco, tal y como se determina en la **Figura 1.6**.

La energía total (E_T) se distribuirá entre los segmentos de la superestructura en las proporciones de sus masas:

$$E_i = E_T \frac{m_i}{M} \quad [2]$$

Donde:

E_i : la energía absorbida por el segmento

M_i : la masa del segmento

la energía mínima que es necesario que absorba la sección de la carrocería (E_{min}) es la suma de la energía de los segmentos que comprende la sección de la carrocería:

$$E_{min} = \sum_{i=1}^s E_i \quad [3]$$

La sección de la carrocería supera el ensayo de carga cuando:

$$E_{BS} \geq E_{min} \quad [4]$$

La sección de la carrocería no superará el ensayo de carga cuando:

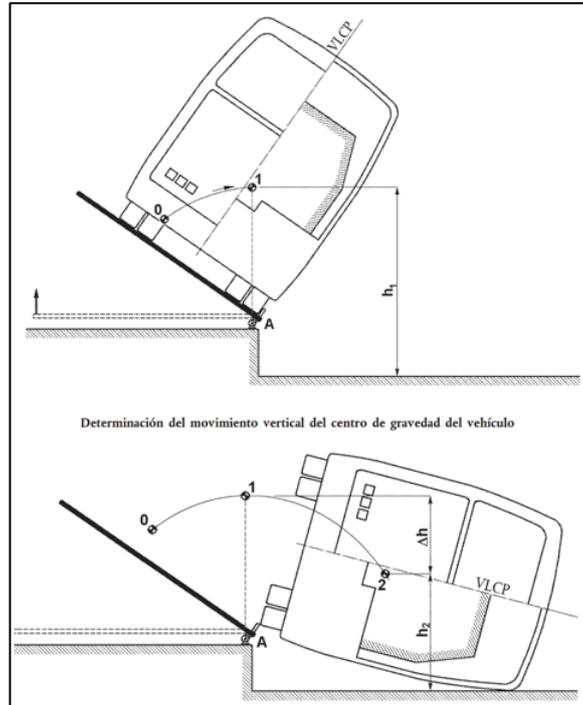
$$E_{BS} \leq E_{min} \quad [5]$$

Determinación del movimiento vertical del centro de gravedad durante el vuelco

“El movimiento vertical (Δh) del centro de gravedad en relación con el ensayo de vuelco podrá determinarse mediante el método gráfico que figura a continuación”

(Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2011, p.36).

Figura 1.6 Movimiento vertical del centro de gravedad



Muestra la posición en lo que respecta a la gravedad para determinar el valor de h. Tomado de (Wei Zhou, Anton Kuznecov, 2019, p.2)

El movimiento vertical del centro de gravedad (Δh) es:

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad [6]$$

1.9 Dummy

El maniquí utilizado para la simulación se trata de un Hybrid III 50% Hombre **Figura 1.7**, este Dummy es uno de los más utilizados para las pruebas de choque, vuelco, golpes entre otros, para la evaluación de los sistemas de retención de seguridad automotriz en las pruebas que aplica la EURO-NCAP su comportamiento son muy idénticas a la de una persona real, lo que garantiza valores cercanos a la realidad (EuroNCAP, 2022).

Figura 1.7 Modelo Cad Dummy Hybrid III 50% Hombre



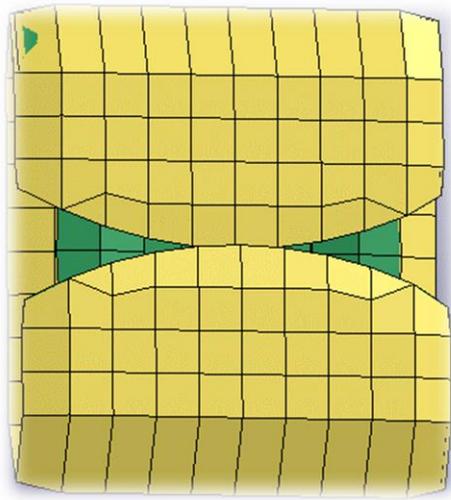
Maniquí de prueba el cual indicará los valores de lesión que presente. Tomado de (Pradeep Mohan, Chung-Kyu Park, Dhafer Marzougui, n.d.).

1.10 Airbag

Este dispositivo que ha salvado más de una vida en varias ocasiones se trata de un método de seguridad pasiva (airbag) Hybrid Model que integra con el cinturón de seguridad, brindando una excelente defensa y reduciendo los riesgos de muerte en una persona (Mohan et al., 2009).

El volumen de control del airbag o el flujo másico **Figura 1.8**, se concreta con la correlación termodinámica del gas en metodologías para la cavidad térmica, la temperatura del gas la masa entrante y la masa saliente la estructura funciona como método de sujeción del airbag hasta el instante que sea accionado o utilizado para prevenir un golpe fuertemente en la cabeza (Edisson Ismael Ayala Yunga, 2021).

Figura 1.8 Modelo de airbag



Modelo del airbag que va ser ensamblado para la simulación. Tomado de (Jeong Keun, Lee Won Pil, Ha Jae Hyun, 2009).

2. CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Modelado

Para el modelado de la estructura se utiliza el módulo de superficies de un software CAD, para realizar todas las partes de la sección del bus. Este modelo se creó en base a NTE INEN 1668 que establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público.

La sección de carrocería se modeló utilizando las operaciones características del módulo de superficies tales como: croquis (líneas, rectángulos y semi arcos), convertir croquis, equidistancia de croquis, extruir, eliminar cara, sólido mover – copiar, recortar superficie, creación de planos, simetría, extruir superficies, entre otras; finalmente se obtuvo el modelo que se indica en la **Figura 2.1** en la

Tabla se indica las especificaciones de los tubos estructurales con los que se realizó la sección de carrocería.

Este modelo es una estructura sin espesor en las tuberías respectivas, esas características serán añadidas en el software preprocesador.

Figura 2.1 Sección de carrocería modelada en un software CAD.

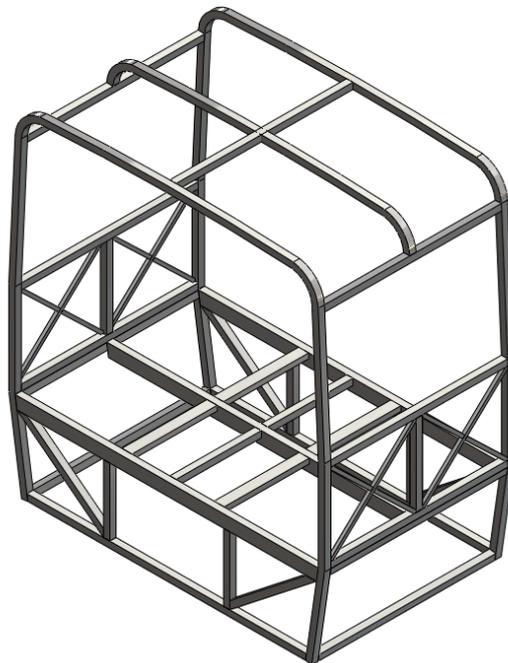


Figura del modelado que se ha realizado bajo un software CAD.

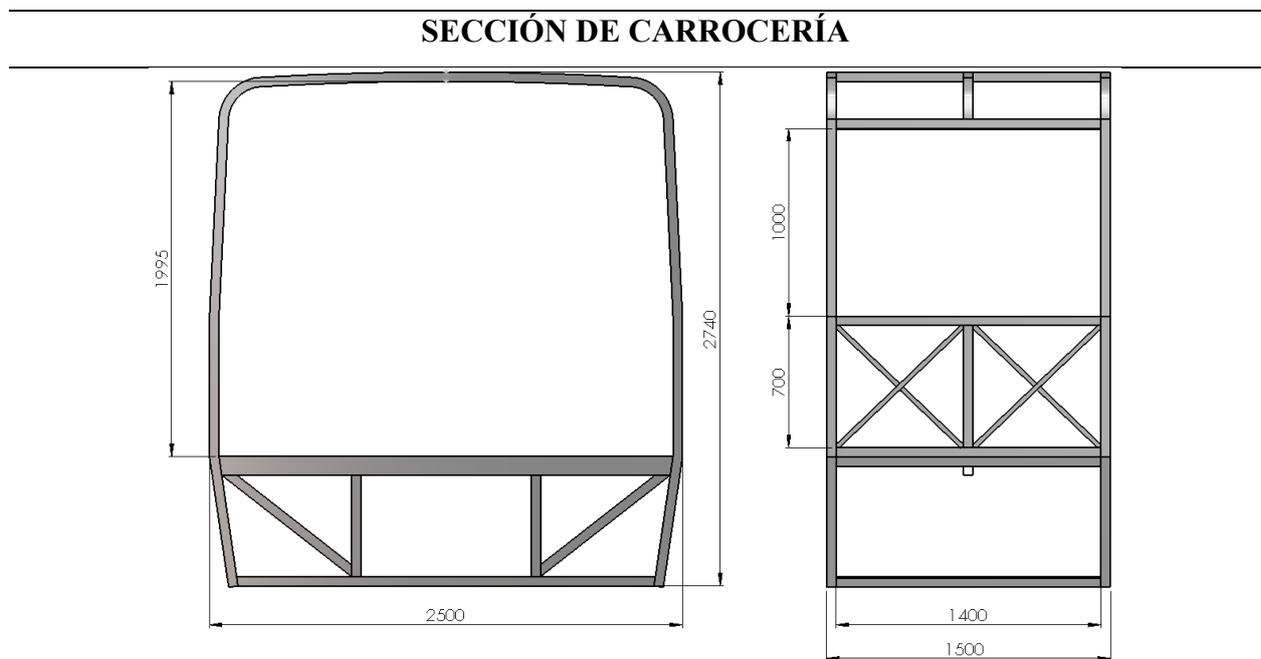
Tabla 2.1 Especificaciones de los tubos utilizados

Tubos estructurales utilizados	
Designación	Material
Tubería cuadrada de 50x50x2	Acero Estructural ASTM A500 GRADO "A"
Tubería cuadrada de 25x25x2	
Tubería rectangular de 100x50x2	
Perfil "C" 80x40x2	

Fuente: (NTE INEN 2415, 2013)

Siguiendo los requerimientos de la normativa antes mencionada se modeló la sección de la carrocería, obteniendo las especificaciones que se indica en la **Tabla** .

Tabla 2.2 Especificaciones de la sección de carrocería modelada.

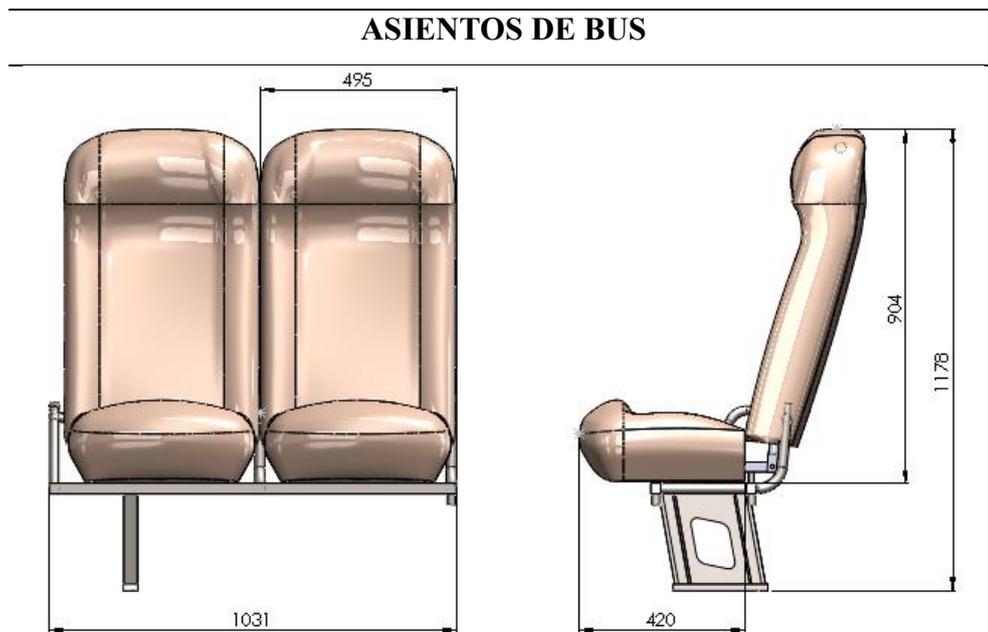


Designación	Dimensiones	Norma
Largo	1500 mm	NTE INEN 1668
Ancho	2500 mm	
Alto	2740 mm	
Altura del pasillo	1995 mm	
Altura del piso al borde de la ventana	700 mm	
Alto de las ventanas	1000 mm	
Ancho de las ventanas	1400 mm	

Fuente: (NTE INEN 1668, 2015)

Se generó también el modelo asiento en donde irá posicionado el maniquí, para lo cual se utilizó los mismos métodos para modelar la sección de carrocería obteniendo el modelo de asiento que se describe de manera general en la **Tabla .**

Tabla 2.3 Especificaciones generales del asiento.



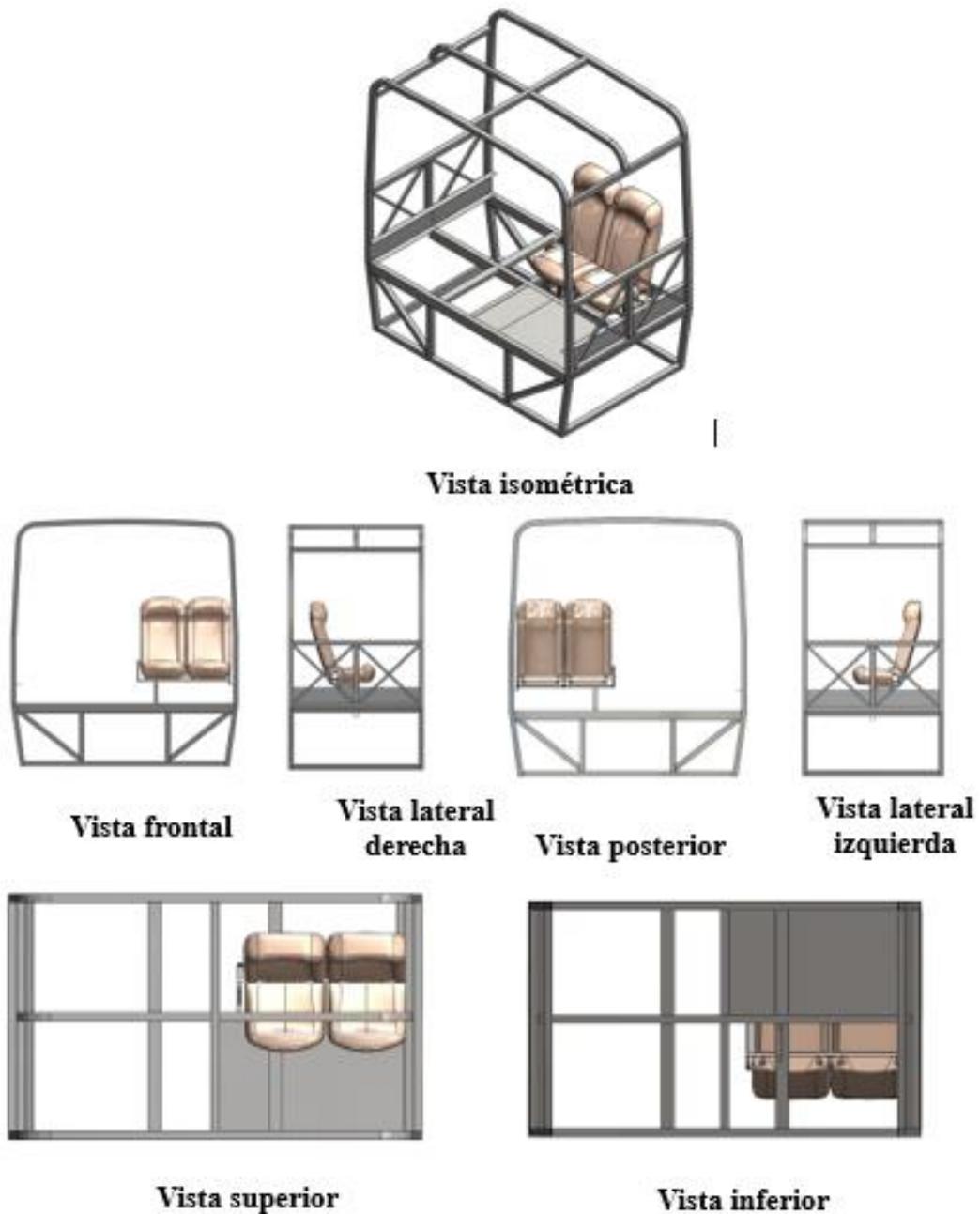
Capacidad para dos personas

Especificación	Dimensiones
Ancho total del asiento	1031 mm
Alto total del asiento	1178 mm

Fuente: (NTE INEN 1668, 2015)

Una vez modelado la sección de carrocería y los asientos se ensamblan para crear el entorno de vuelco, obteniendo el modelo final que se indica en la **Figura 2.2.**

Figura 2.2 Vistas generales de la sección de carrocería con el asiento.



Visualización de las diferentes vistas y su respectivo ensamblaje del asiento

2.2 PRE-PROCESAMIENTO DE LA SECCIÓN DE CARROCERÍA

Para mallar el modelo final de la sección de carrocería se tuvo que utilizar un software de preprocesamiento que ayudó a preparar la geometría para generar una malla eficiente. Además, se generó la unión a todos los elementos que conforman parte de las estructuras principales y secundarias de la sección esto se realiza con el fin de producir la

función de la soldadura denominada como topología compartida en este tipo de operaciones.

2.2.1 Generación de malla

Se generó la malla con un tamaño de 25 mm, este valor se obtuvo a partir de la tubería estructural principal de 50x50 mm que se utilizó para el modelo; debido a que el valor que se recomienda para el tamaño de malla es la mitad del valor de la dimensión de la tubería.

Figura 2.3 Malla generada en todos los elementos de la sección de carrocería.



Mallado creado por el software para verificación del criterio Jacobiano.

La malla generada tiene que pasar por una verificación en base a criterio denominado jacobiano, que ayuda a evaluar los elementos que existen a excepción de los triángulos y tetraedros mediante una tabla de parámetros que se indica en la **Figura 2.4**.

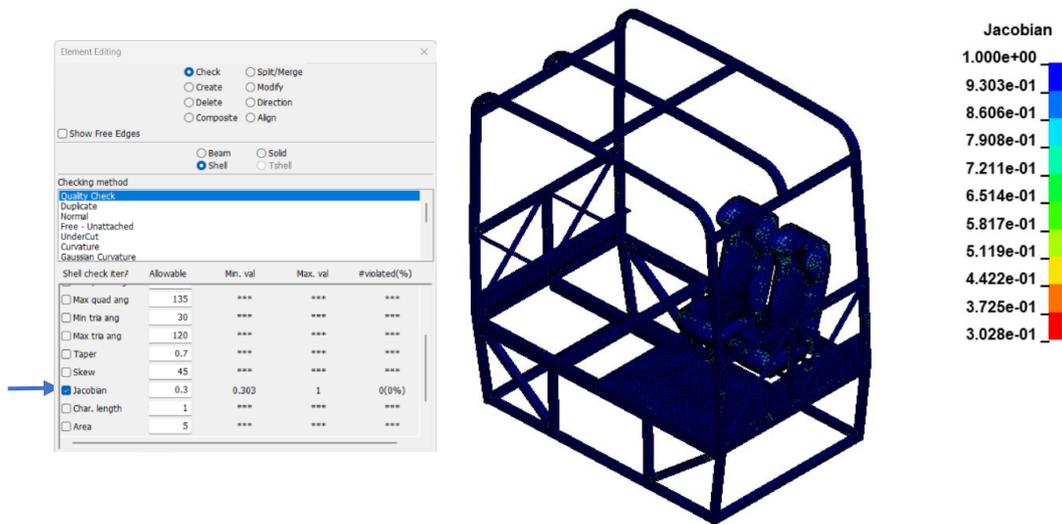
Figura 2.4 Parámetros para el índice Jacobiano.

Inaceptable	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente
-1,00 / -0,6	-0,5 / -0,2	-0,1 / 0,00	0,00 / 0,1	0,2 / 0,5	0,6 / 1,00

Parámetros del índice Jacobiano el cual va desde inaceptable hasta excelente. Tomado de (Moreano, 2023).

Se verificó la calidad de malla de los elementos mediante el módulo de *ELEMENT AND MESH* en la operación *ELEMENT EDITING* → *CHECK* → *QUALITY CHECK* con un índice de 0.3 indicando que la calidad es “*MUY BUENA*” siendo este el óptimo para nuestro análisis.

Figura 2.5 Índice de calidad de malla para el modelo final de la sección de carrocería.



Índice de calidad de 0,3 el cual es muy bueno.

2.3 Simulación

Unidades del software

Para esta simulación se utilizaron las unidades descritas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para longitud, masa, tiempo, fuerza, esfuerzo y otras derivadas.

Tabla 2.4 Unidades Utilizadas.

UNIDADES	
Magnitud	Unidad
Masa	Kg
Longitud	mm
Tiempo	ms
Densidad	Kg/mm ³
Fuerza	kN
Esfuerzo y Módulo de Young	GPa
Velocidad	mm/ms
Velocidad angular	rad/ms
Gravedad	mm/ms ²
Energía	kN-mm

2.3.1 Material utilizado

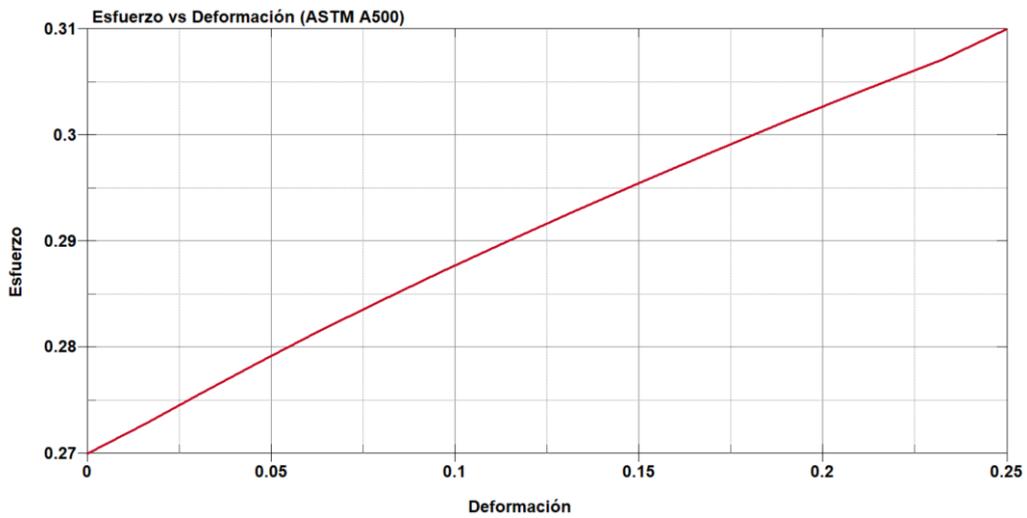
El material principal utilizado para la sección de carrocería es el acero estructural ASTM A500 Grado “A” que cuenta con las propiedades mecánicas que se indican en la **Tabla**.

Tabla 2.5 Propiedades del acero ASTM A500.

ACERO ASTM A500	
Propiedad	Valor
Densidad del material (RO)	7.83e-6 (kg/mm ³)
Módulo de Young ϵ	207 (Gpa)
Radio de Poisson (PR)	0.3 (mm/mm)
Límite de fluencia (SIGY)	0.270 (Gpa)
Resistencia última a la tracción	0.310 (Gpa)
Deformación máxima unitaria (FAIL)	0.25

Se tuvo que definir el material en el Software CAE para lo cual se utilizó las propiedades y símbolos que se indican en la **Tabla**. Para este proceso se ocupó el módulo *MODEL AND PART* en *Keyword manager* con la carta de control *DEFINE* → *CURVE*, en esta interfaz se tuvieron que insertar los valores que están dentro del Límite de Fluencia y la Resistencia última a la tracción que se identifica en la gráfica de *esfuerzo – deformación* del material como la zona “Endurecimiento por deformación”

Figura 2.6 Caracterización del material.



Esfuerzo de deformación que se ha comportado el material.

Para asignar las propiedades que se muestran en la **Tabla**, se utilizó el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo *Keyword manager* con la carta de control *MAT* → *024-PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY*.

Figura 2.7 Ingreso de las propiedades del acero.

La imagen muestra la interfaz de usuario para ingresar propiedades de material. El título es 'Acero ASTM A500'. Los parámetros de entrada se muestran en una tabla con los siguientes valores:

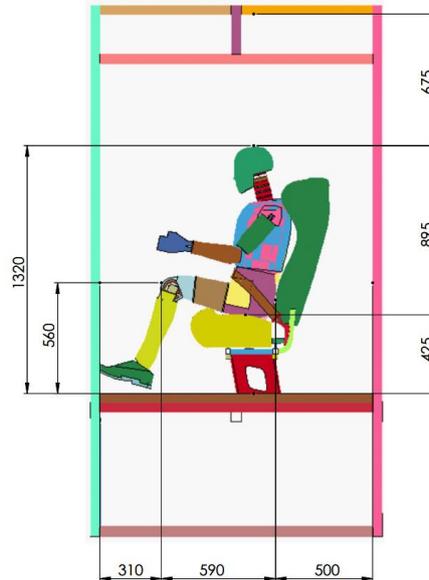
1	MID	RO	E	PR	SIGY	ETAN	FAIL	TDEL
	1	7.830e-06	207.00000	0.3000000	0.2700000	0.0	0.2500000	0.0
2	C	P	LCSS	LCSR	VP			
	0.0	0.0	1	0	0.0			
3	EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carta de control para el ingreso de las propiedades del material.

2.4 Posición del maniquí

Se utilizó el maniquí de pruebas de impacto HÍBRIDO III 50% percentil masculino, que va a tener la posición natural de un pasajero y se le va a asignar un cinturón de seguridad de 2 puntos como se indica en la **Figura 2.8**.

Figura 2.8 Posición del maniquí en la sección de carrocería.



Posición del Dummy y cinturón de seguridad colocadas con las medidas correspondientes.

2.5 Cálculo de la velocidad angular para el vuelco

Para realizar la simulación de vuelco sin Airbag, se tuvo que realizar ciertos cálculos en base a lo estipulado en el Reglamento N° 66 de CEPE para calcular la velocidad angular para lo cual se tiene que realizar los siguientes cálculos y mediciones en el modelo de la sección de carrocería.

Se debe obtener la velocidad angular a partir de la Ecuación [7].

$$E_p = E_c \quad [7]$$

$$m * g * h = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad [8]$$

Donde:

m: masa (kg)

g: gravedad (mm/ms²)

h: altura al centro de gravedad (mm)

v: velocidad (mm/ms)

De la Ecuación [7], se tiene que la energía potencial total que debe absorber la estructura según el Reglamento N° 66 de CEPE es lo que se indica en la Ecuación [9].

$$E_p = 0.75 m * g * \Delta h \quad [9]$$

Donde:

Δh : Desplazamiento vertical del centro de gravedad del vehículo durante un ensayo de vuelco.

Por lo que se obtiene la Ecuación [10] para calcular la velocidad total,

$$0.75 m * g * \Delta h = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad [10]$$

$$1.5 * g * \Delta h = v^2$$

$$v = \sqrt{1.5 * g * \Delta h}$$

La Ecuación [11], sirve para obtener la velocidad a partir de la velocidad angular y el radio de giro.

$$v = \omega * r \quad [11]$$

Donde:

ω : velocidad angular (rad/ms)

r: radio de giro (mm)

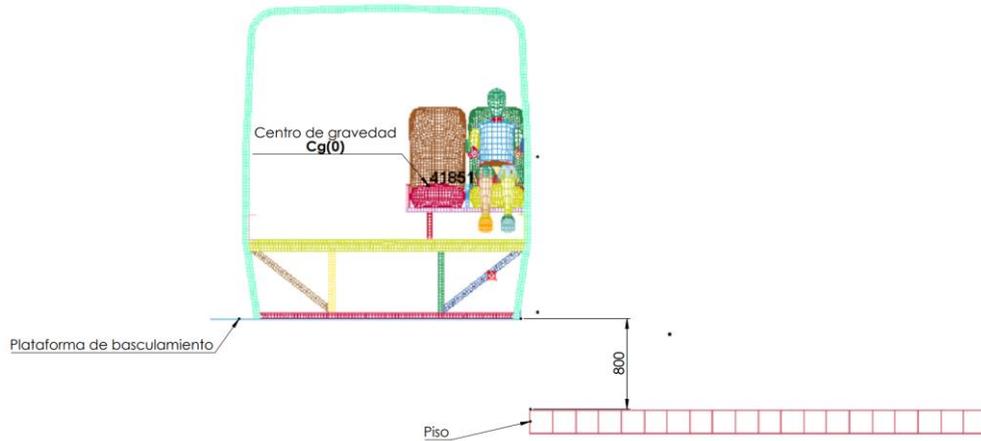
A partir de la Ecuación [10] y [11] se puede obtener la velocidad angular,

$$\omega = \frac{\sqrt{1.5 * g * \Delta h}}{r} \quad [12]$$

Para resolver la ecuación [12], se debe encontrar el valor de **Δh** mediante el procedimiento que se indica en el Apéndice 1 del Reglamento N° 66 de CEPE.

Se crea el entorno de vuelco en donde debe existir una plataforma situada a 800 mm del suelo y se obtiene el primer punto del centro de gravedad como se indica en la **Figura 2.9**.

Figura 2.9 Punto inicial de ensayo de vuelco.



Punto inicial de partida de la simulación de vuelco.

Primero se determina la altura inicial del centro de gravedad en el punto de equilibrio inestable sobre plataforma para este se debe decretar el ángulo en el que se encuentra dicho punto mediante la Ecuación [13].

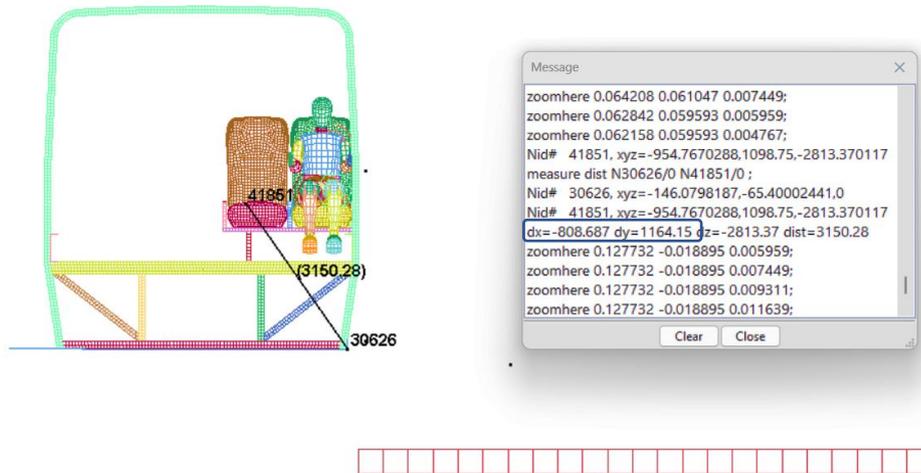
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{X_{cg}}{Y_{cg} - 80} \right) \quad [13]$$

Donde:

X_{cg} : distancia en el eje X al centro de gravedad (mm)

Y_{cg} : distancia en el eje Y al centro de gravedad (mm)

Figura 2.10 Distancias en los ejes X (Xcg) y Y (Ycg) al centro de gravedad.



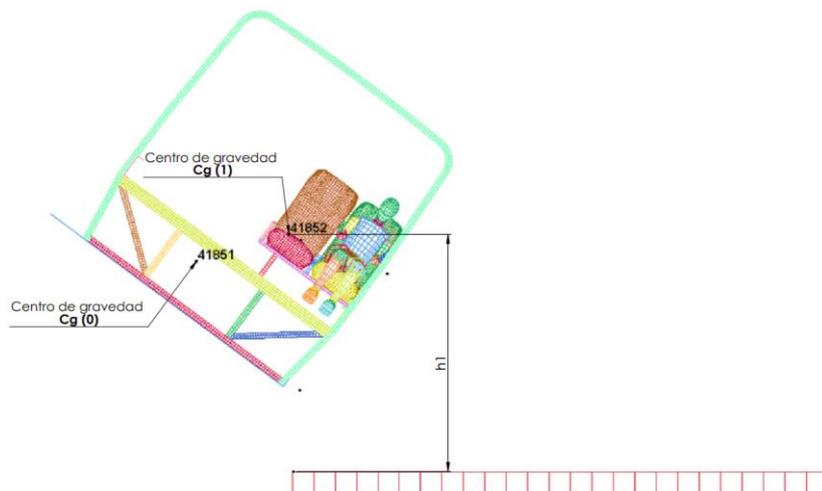
Distancia en X y Y para obtener el ángulo del segundo punto del centro de gravedad.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{808.69}{1164.15 - 80} \right)$$

$$\alpha = 36.71^\circ$$

Se procedió a girar a la plataforma de basculamiento y la sección de carrocería a un ángulo de 36.71° que será donde se encuentre el punto de equilibrio inestable, como se muestra en la **Figura 2.11**.

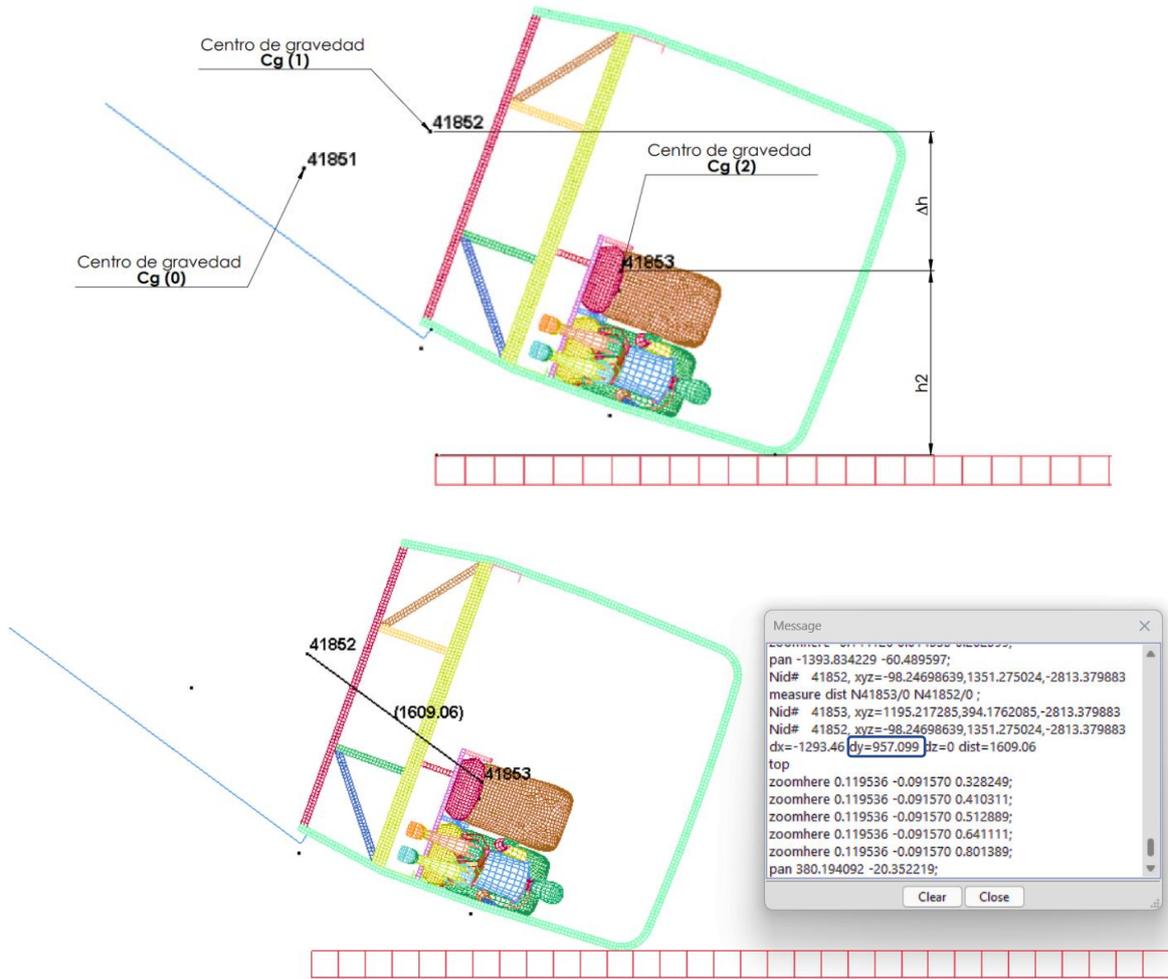
Figura 2.11 Punto de equilibrio inestable del ensayo de vuelco.



Punto inestable y a su vez el centro de gravedad para determinar el valor de h.

Finalmente, se giró la sección de carrocería hasta antes de que hiciera contacto con el suelo para obtener el valor de Δh .

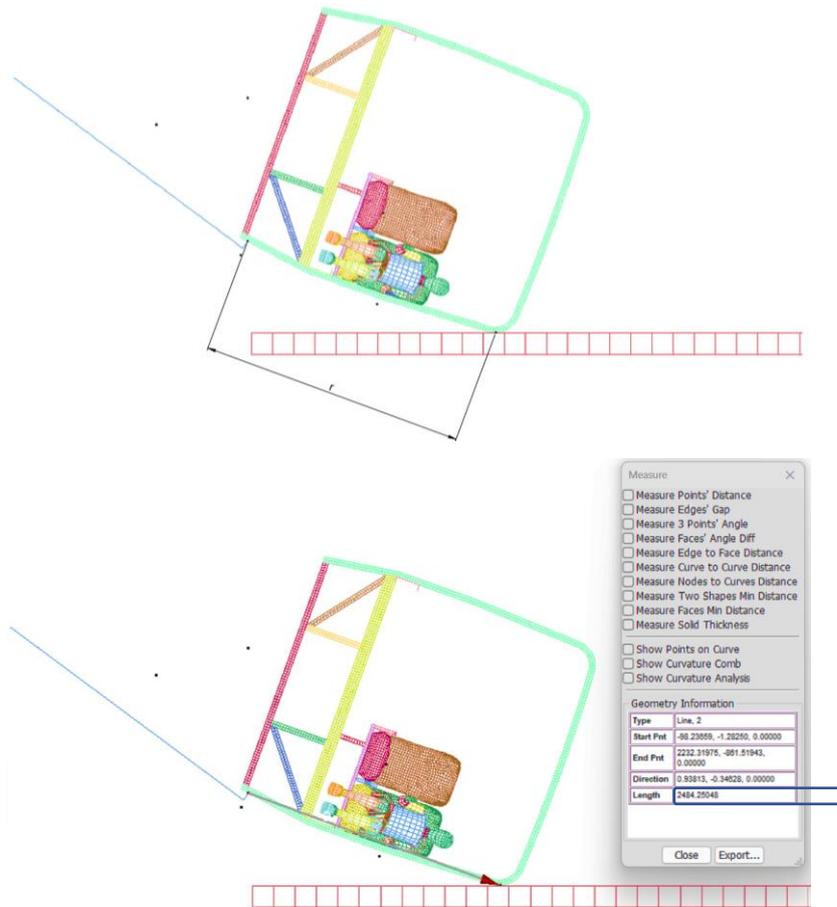
Figura 2.12 Punto de primer contacto con el suelo.



Punto antes de topar el suelo y la distancia para determinar el centro de gravedad.

Para obtener el valor del radio de giro (r) se debe medir desde el punto pivote de plataforma hasta el primer punto de la sección de carrocería que toca el suelo.

Figura 2.13 Valor de radio de giro



Distancia medida desde la plataforma hasta el punto más exacto antes de topar el suelo.

Una vez obtenido todos los datos correspondientes se obtiene el valor de la velocidad angular reemplazando los datos en la ecuación [14].

$$\omega = \frac{\sqrt{1.5 * g * \Delta h}}{r} \quad [14]$$

$$\omega = \frac{\sqrt{1.5 * 0.0098066 * 957.099}}{2484.25}$$

$$\omega = 0.0015103 \text{ rad/ms}$$

2.6 Simulación de vuelco sin Airbag

La simulación se debe dar en un entorno virtual en el que consten la sección de carrocería, los asientos del bus y el maniquí Híbrido III 50% percentil masculino como se indica en la **Figura 2.14**.

Figura 2.14 Modelo de simulación para vuelco sin airbag.

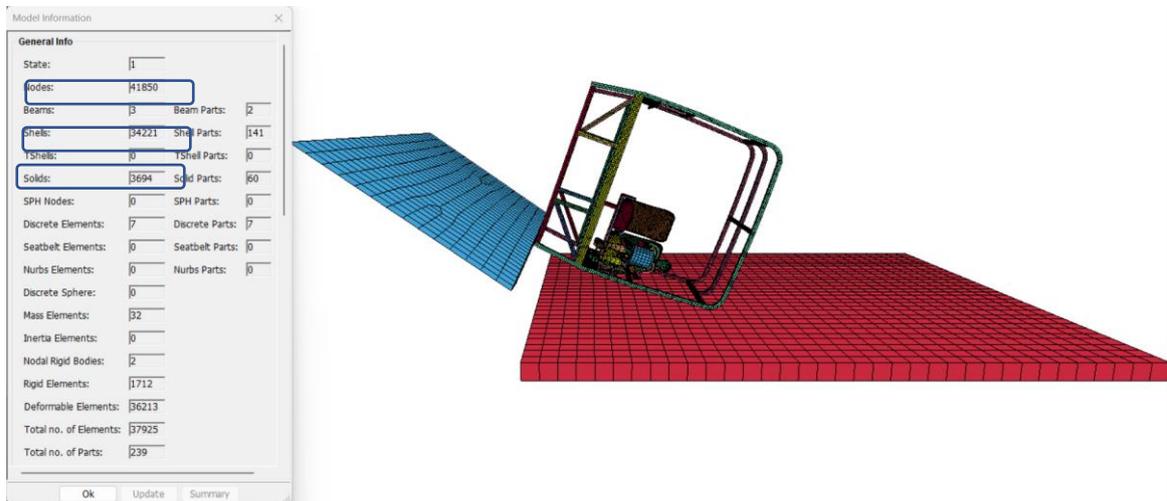


Simulación de vuelco sin airbag.

Este entorno cuenta con las características que se indican en la **Figura 2.15** y se describen en la

Tabla .

Figura 2.15 Características del modelo de simulación de vuelco sin airbag.



Características de la simulación sin airbag

Tabla 2.6 Características del modelo de simulación.

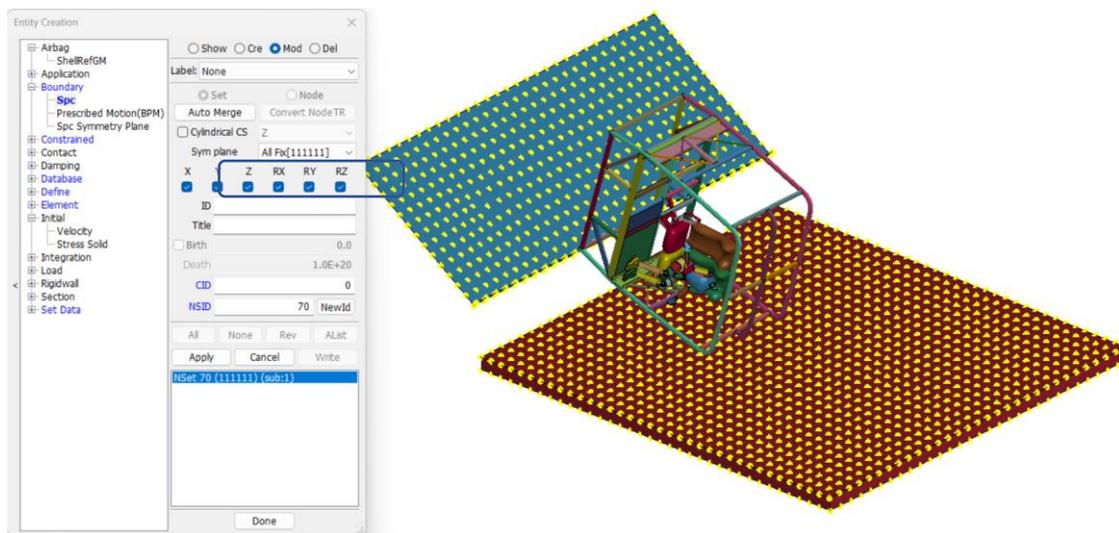
Información del modelo de simulación	
Elementos	Característica/Cantidad
Nodos	41850
Shells	34221
Solids	3694
Índice jacobiano	0.3
Tipos de elementos	Shell 2D y Sólidos

2.6.1 Condiciones de simulación

Restricciones

Para la simulación de vuelco sin airbag, los elementos del piso y la plataforma de basculamiento se debe restringir los desplazamientos y rotaciones en todos los ejes como se indica en la **Figura 2.16**.

Figura 2.16 Restricciones de desplazamiento y rotación en todos los ejes.

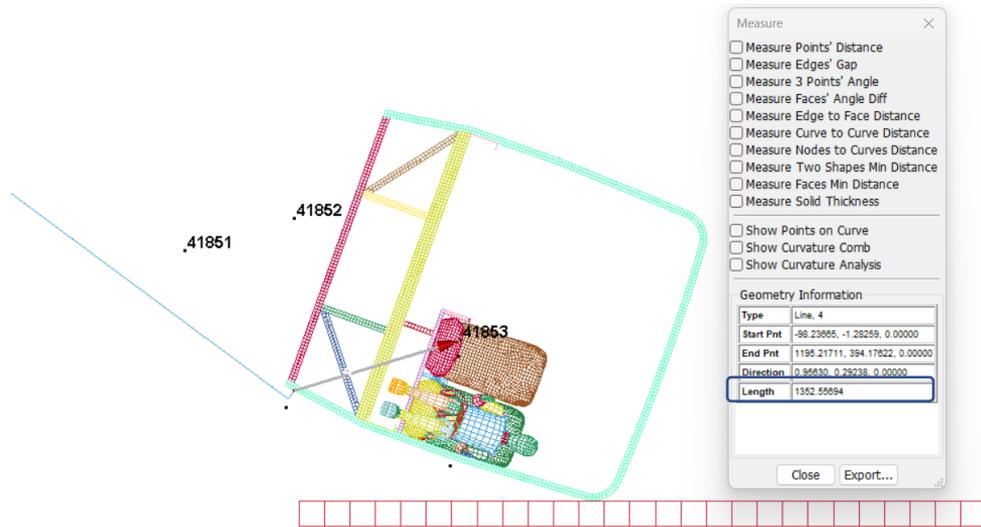


En el gráfico se muestra la restricción de los elementos de rotación.

Velocidad

Con la velocidad angular obtenida se obtiene los valores de sus componentes en el eje “X” y “Y” para lo cual se mide la distancia al radio de giro con respecto al punto del centro de gravedad final Cg (2) como se indica en la **Figura 2.17**.

Figura 2.17 Nuevo valor del radio de giro.



Nuevo valor de radio de giro antes de topar el suelo.

Con el nuevo valor encontrado calculamos mediante la Ecuación [14] la velocidad angular respecto al centro de gravedad final Cg (2).

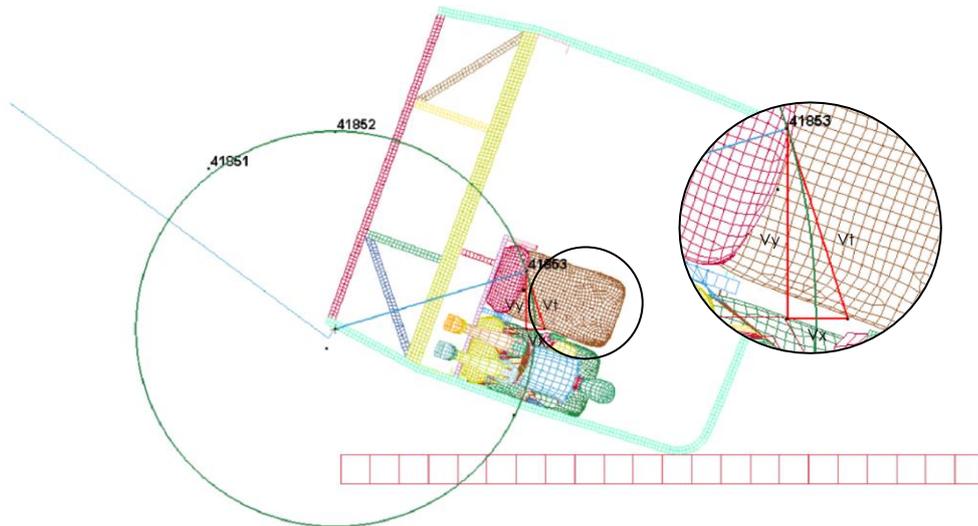
$$\omega = \frac{\sqrt{1.5 * g * \Delta h}}{r}$$

$$\omega = \frac{\sqrt{1.5 * 0.0098066 * 957.099}}{1352.55}$$

$$\omega = 0.002774 \text{ rad/ms}$$

Se procedió a ubicar la velocidad tangencial para calcular las componentes en X y Y como se indica en la **Figura 2.18**.

Figura 2.18 Ubicación de las componentes de la velocidad.



Componentes de la velocidad.

A partir de la **Figura 2.18**, se procede a realizar los cálculos correspondientes para obtener las componentes de velocidad.

$$v_t = \omega * r$$

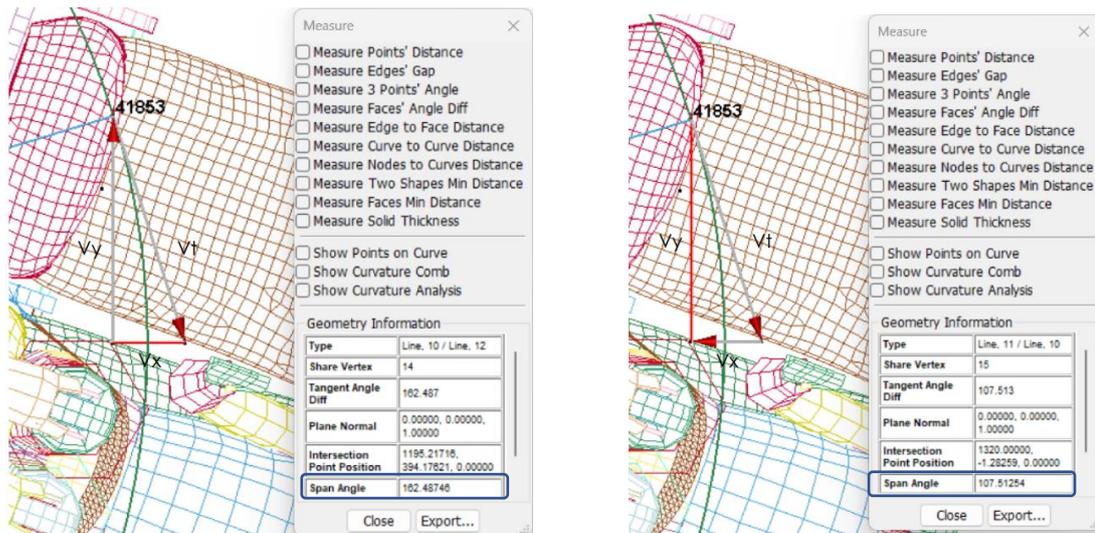
[15]

$$v_t = 0.002774 \text{ rad/ms} * 1352.55 \text{ mm}$$

$$v_t = 3.75 \text{ mm/ms}$$

Para calcular las demás componentes se miden los ángulos en el modelo en donde se ubicaron en componentes de velocidad, para este caso los ángulos que se señalan en la **Figura 2.19**, se tienen que restar de 180 para obtener el ángulo adecuado.

Figura 2.19 Medición de ángulos de las componentes.



Ángulos de los componentes para la velocidad

Con los ángulos obtenidos procedemos a calcular las componentes de velocidad para X y Y.

$$\text{sen } \phi_1 = \frac{v_x}{v_t} \quad [16]$$

$$v_x = v_t * \text{sen } \phi_1$$

$$v_x = 3.75 \text{ mm/ms} * \text{sen} (180 - 162.487)$$

$$v_x = 1.128 \text{ mm/ms}$$

$$\text{sen } \phi_2 = \frac{v_y}{v_t} \quad [17]$$

$$v_y = v_t * \text{sen } \phi_2$$

$$v_y = 3.75 \text{ mm/ms} * \text{sen} (180 - 107.512)$$

$$v_y = 3.576 \text{ mm/ms}$$

Obtenidos los valores de las componentes se asignan sólo a las partes de la sección de carrocería y el maniquí mediante el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo *Keyword manager* en la carta de control *INITIAL* → *VELOCITY* como se indica en la **Figura 2.20**.

Figura 2.20 Velocidad asignada a la sección de carrocería.

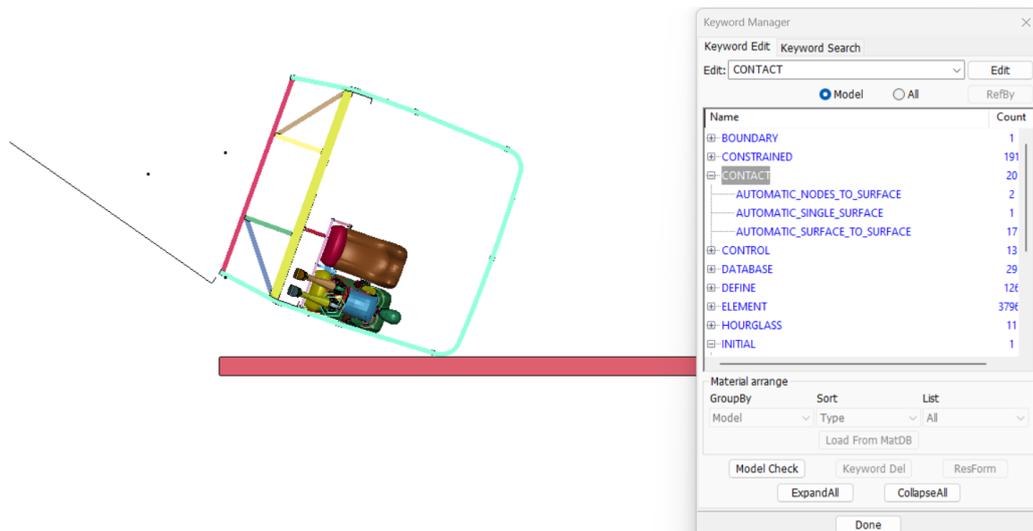


Velocidad la cual fue asignada en sus componentes X y Y.

2.6.2 Contactos

Para esta simulación es necesario que exista diferentes tipos de contacto entre la sección de carrocería, el maniquí, el piso y la plataforma; por lo que se utilizó los contactos correspondientes para este tipo mediante el módulo MODEL AND PART en el submódulo de Keyword manager en la carta de control CONTACT → AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE Y AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE como se indica en la **Figura 2.21**. Los otros contactos que no se mencionan son propios del maniquí de pruebas de impacto.

Figura 2.21 Contactos utilizados en la modelo de simulación de vuelco.



Contactos utilizados para la simulación

En la **Tabla** , a manera de resumen, se indican las condiciones utilizadas para la simulación de vuelco sin airbag.

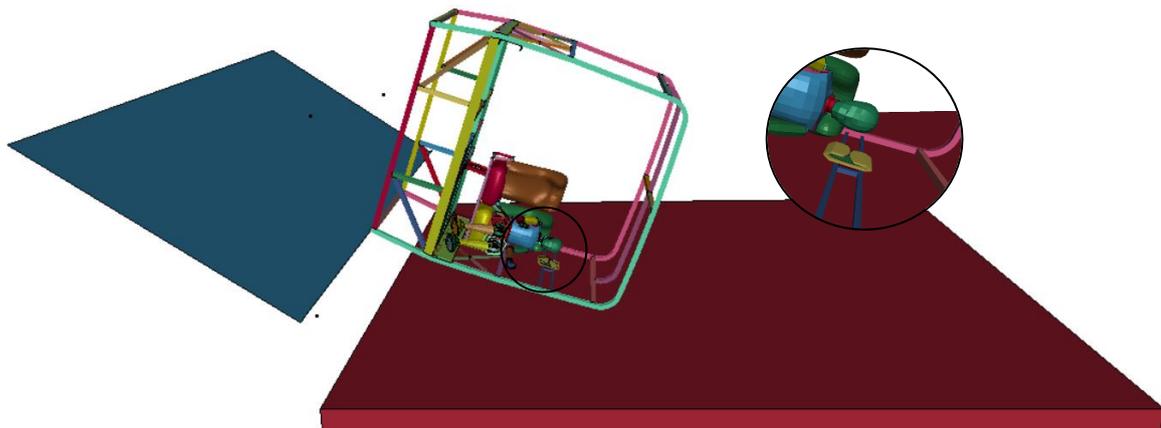
Tabla 2.7 Condiciones de simulación.

CONDICIONES DE SIMULACIÓN	
Estructura	Sección de carrocería.
Maniquí de impacto	HÍBRIDO III 50% percentil masculino
Tipo de cinturón de seguridad	2 puntos
Velocidad angular	0.0015 rad/ms
Tipos de contactos	AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE
Tiempo de simulación	150 ms

2.7 Simulación de vuelco con Airbag

La simulación se debe dar en un entorno virtual en el que consten la sección de carrocería, los asientos del bus, subestructura para instalar el airbag, el airbag y el maniquí Híbrido III 50% percentil masculino como se indica en la **Figura 2.22**.

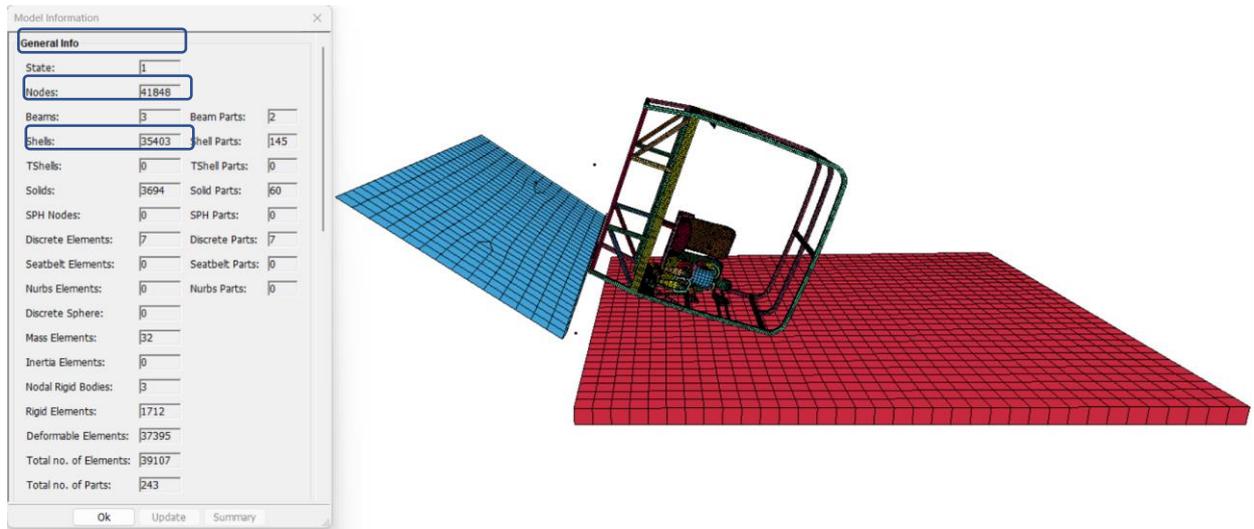
Figura 2.22 Modelo de simulación para vuelco con airbag de menor flujo másico.



Simulación con airbag de menor flujo másico.

Este entorno cuenta con las características que se indican en la **Figura 2.21** y se describen en la *Tabla* .

Figura 2.23 Características del modelo de simulación de vuelco con airbag.



Características de simulación con airbag

Tabla 2.8 Características del modelo de simulación.

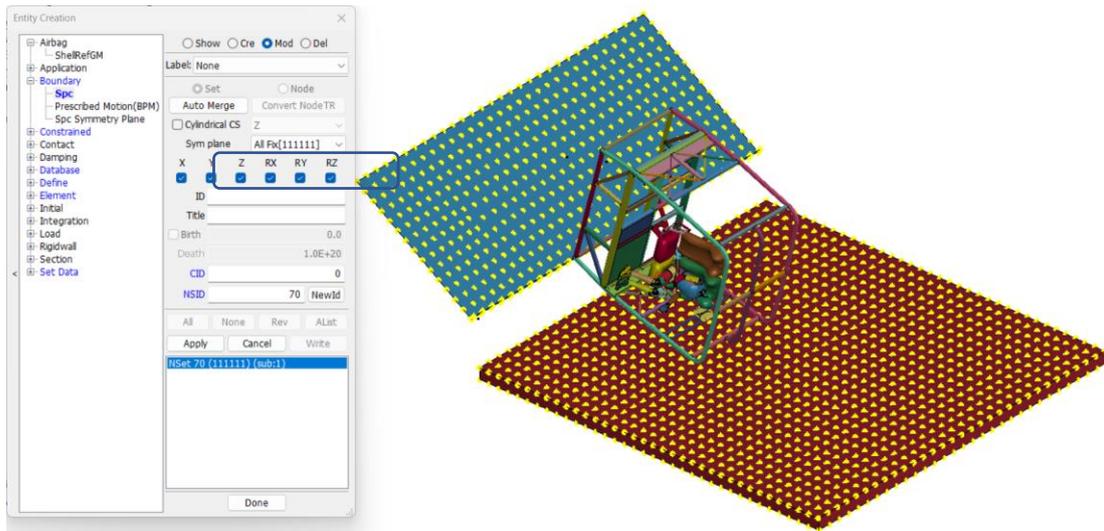
Información del modelo de simulación	
Elementos	Característica/Cantidad
Nodos	41848
Shells	35403
Solids	3694
Índice jacobiano	0.3
Tipos de elementos	Shell 2D y Sólidos

2.7.1 Condiciones de simulación

Restricciones

Para la simulación de vuelco con airbag, los elementos del piso y la plataforma de basculamiento se debe restringir los desplazamientos y rotaciones en todos los ejes como se indica en la **Figura 2.24**.

Figura 2.24 Restricciones de desplazamiento y rotación en todos los ejes.



Restricciones tanto en la plataforma cómo en la báscula.

Velocidad

Con la velocidad angular obtenida se obtienen los valores de sus componentes en el eje “X” y “Y” y se asignan sólo a las partes de la sección de carrocería y el maniquí mediante el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo *Keyword manager* en la carta de control *INITIAL* → *VELOCITY* como se indica en la **Figura 2.25**.

Figura 2.25 Velocidad asignada a la sección de carrocería.



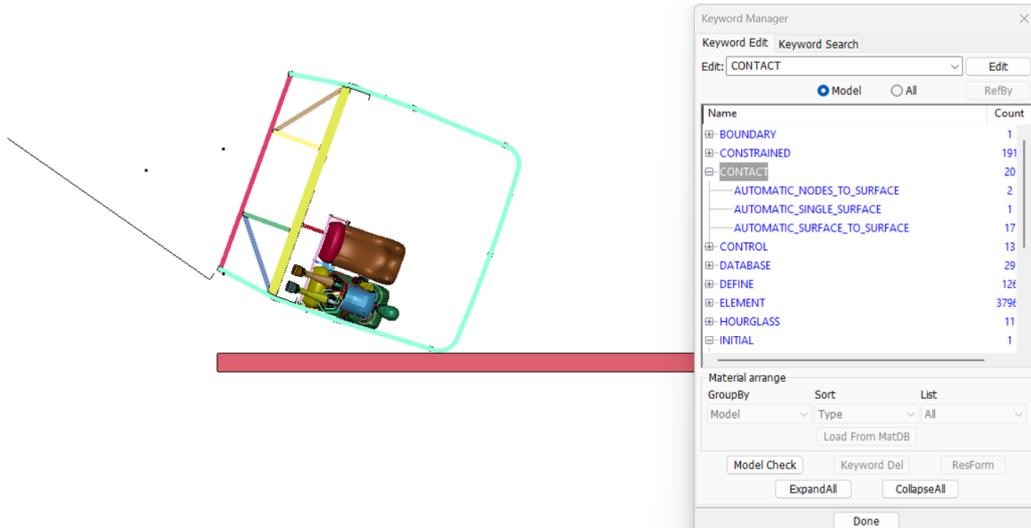
Velocidad la cual fue asignada, componentes en X y Y con airbag.

2.7.2 Contactos

Para esta simulación es necesario que exista diferentes tipos de contacto entre la sección de carrocería, el maniquí, el airbag, el piso y la plataforma; por lo que se utilizaron los contactos correspondientes para este tipo mediante el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo de *Keyword manager* en la carta de control *CONTACT* → *AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE* Y *AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE*

como se indica en la **Figura 2.26**. Los otros contactos que no se mencionan son propios del maniquí de pruebas de impacto.

Figura 2.26 Contactos utilizados en la modelo de simulación de vuelco.



Contactos utilizados para la simulación con airbag.

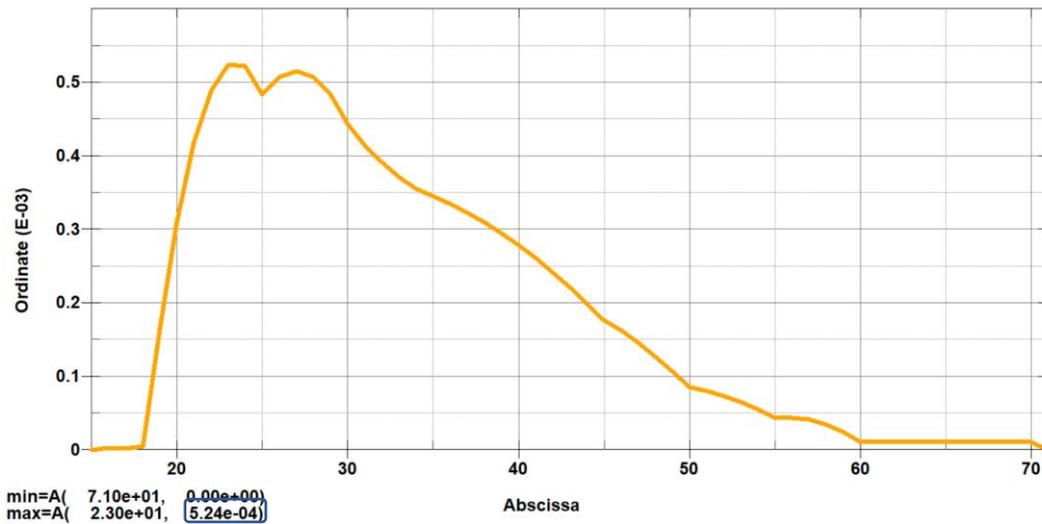
2.8 Flujo másico del airbag

Para la simulación existen dos casos de simulación con airbag que se realizó de manera individual, en donde a uno se le asignará menor flujo másico y al otro un flujo másico moderado. Este flujo másico se estableció para cada caso mediante los módulos y cartas de control.

2.8.1 Airbag de menor flujo másico

Se tuvo que definir el comportamiento del airbag de menor flujo másico, con un máximo de $5.24e^{-4}$ kg/ms, para lo cual se ocupó el módulo *MODEL AND PART* en *Keyword manager* con la carta de control *DEFINE* → *CURVE*, en esta interfaz se tuvieron que insertar los valores que indican el comportamiento del airbag con diferentes flujos másicos en un tiempo determinado como se indica en la **Figura 2.27**.

Figura 2.27 Curva de flujo másico vs tiempo del airbag de menor flujo másico.



Curva del comportamiento del airbag de menor flujo másico.

Para asignar las propiedades del airbag se utilizó el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo *Keyword manager* con la carta de control *AIRBAG* → *WANG_NEFSKE_ID*.

Figura 2.28 Ingreso de las propiedades del airbag de menor flujo másico.

Keyword Input Form

NewID RefBy Pick Add Accept Delete Default Done

Use *Parameter Comment (Subsys: 1 VUELCO CON 3 MENOR.k) Setting

*AIRBAG_WANG_NEFSKE_ID (1)

1								
2	SID	SIDTYP	RBID	VSCA	PSCA	VINI	MWD	SPSE
	23	1	0	1.0000000	1.0000000	0.0	0.0	0.0
3	CV	CP	I	LCT	LCMT	TVOL	LCDT	IABT
	1023.0000	1320.0000	781.90002	0	45	0.0	0	0.0
4	C23	LCC23	A23	LCA23	CP23	LCCP23	AP23	LCAP23
	1.0000000	0	0.0	46	1.0000000	0	0.0	0
5	PE	RO	GC	LCEFR	POVER	PPOP	OPT	KNKDN
	1.013e-04	1.000e-09	1.0000000	0	0.0	0.0	1	0
6	IOC	IOA	IVOL	JRO	IT	LCBF		
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0		

Donde:

RO: Densidad.

EA y EB: Módulo de Young.

GAB: Módulo cortante.

PRBA y PRAB: Coeficiente de Poisson.

CV: Capacidad calorífica a volumen constante.

CP: Capacidad calorífica a presión.

T: Temperatura del gas de entrada.

LCMT: Curva de carga que especifica el caudal másico de entrada o la presión del tanque en función del tiempo.

Carta de control de las propiedades del airbag de menor flujo másico.

En la *Tabla*, a manera de resumen, se indican las condiciones utilizadas para la simulación de vuelco con airbag menor flujo másico.

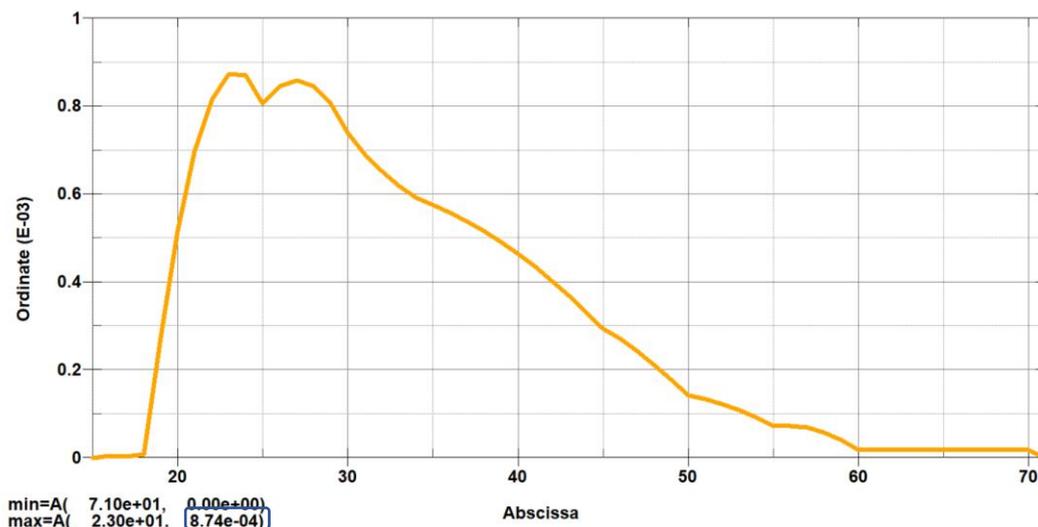
Tabla 2.9 Condiciones de simulación.

CONDICIONES DE SIMULACIÓN	
Estructura	Sección de carrocería.
Maniquí de impacto	HÍBRIDO III 50% percentil masculino
Tipo de cinturón de seguridad	2 puntos
Flujo másico máximo	$5.24e^{-4}$ kg/ms
Velocidad angular	0.0015 rad/ms
Tipos de contactos	AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE
Tiempo de simulación	300 ms

2.8.2 Flujo másico moderado del airbag

Se tuvo que definir el comportamiento del airbag de flujo másico moderado de $8.74e^{-4}$ kg/ms), para lo cual se ocupó el módulo *MODEL AND PART* en *Keyword manager* con la carta de control *DEFINE* → *CURVE*, en esta interfaz se tuvieron que insertar los valores que indican el comportamiento del airbag con diferentes flujos másicos en un tiempo determinado como se indica en la **Figura 2.29**.

Figura 2.29 Curva de flujo másico vs tiempo del airbag de flujo másico moderado.



Curva del comportamiento del airbag de flujo másico moderado.

Para asignar las propiedades del airbag se utilizó el módulo *MODEL AND PART* en el submódulo *Keyword manager* con la carta de control *AIRBAG* → *WANG_NEFSKE_ID*.

Figura 2.30 Ingreso de las propiedades del airbag de flujo másico moderado.

Keyword Input Form

NewID RefBy Pick Add Accept Delete Default Done

Use *Parameter Comment (Subsys: 1 VUELCO CON 3 MENOR.k) Setting

*AIRBAG_WANG_NEFSKE_ID (1)

1								
2	SID ▾	SIDTYP	RBID	VSCA	PSCA	VINI	MWD	SPSF
	23	1 ▾	0	1.0000000	1.0000000	0.0	0.0	0.0
3	CV	CP	I	LCT ▾	LCMT ▾	TVOL	LCDT ▾	IABT
	1023.0000	1320.0000	781.90002	0	45	0.0	0	0.0
4	C23	LCC23 ▾	A23	LCA23 ▾	CP23	LC23 ▾	AP23	LCAP23 ▾
	1.0000000	0	0.0	46	1.0000000	0	0.0	0
5	PE	RO	GC	LCEFR ▾	POVER	PPOP	OPT	KNKDN ▾
	1.013e-04	1.000e-09	1.0000000	0	0.0	0.0	1 ▾	0
6	IOC	IOA	IVOL	IRO	IT	LCBF ▾		
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0		

Donde:

RO: Densidad.

EA y EB: Módulo de Young.

GAB: Módulo cortante.

PRBA y PRAB: Coeficiente de Poisson.

CV: Capacidad calorífica a volumen constante.

CP: Capacidad calorífica a presión.

T: Temperatura del gas de entrada.

LCMT: Curva de carga que especifica el caudal másico de entrada o la presión del tanque en función del tiempo.

Carta de control de las propiedades del airbag de flujo másico moderado.

En la **Tabla** , a manera de resumen, se indican las condiciones utilizadas para la simulación de vuelco con airbag de flujo másico moderado.

Tabla 2.10 Condiciones de simulación.

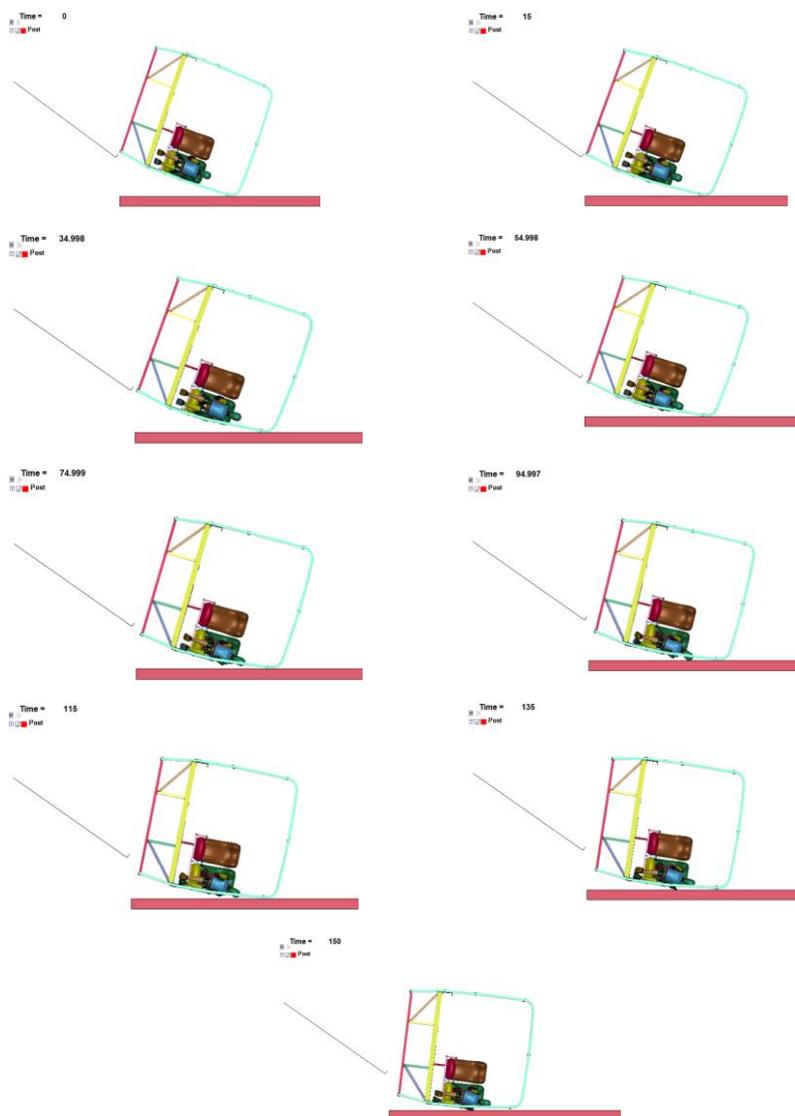
CONDICIONES DE SIMULACIÓN	
Estructura	Sección de carrocería.
Maniquí de impacto	HÍBRIDO III 50% percentil masculino
Tipo de cinturón de seguridad	2 puntos
Flujo másico máximo	$8.74e^{-4}$ kg/ms
Velocidad angular	0.0015 rad/ms
Tipos de contactos	AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE
Tiempo de simulación	150 ms

3. CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Simulación de vuelco sin airbag

Los resultados obtenidos para el vuelco de la sección de carrocería sin airbag se presentan en una secuencia hasta llegar a los 150 ms en la **Figura 3.1**.

Figura 3.1 Secuencia del vuelco de la sección de carrocería sin airbag.

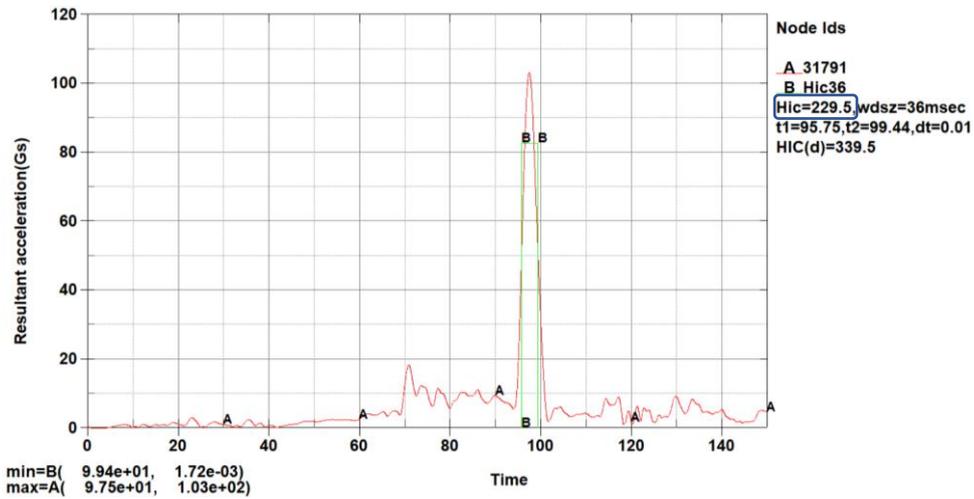


Secuencia de simulación de la estructura sin airbag.

3.1.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco sin airbag Criterios de lesión en la cabeza (HIC)

Los resultados obtenidos muestran un valor de HIC de 229,5 en la **Figura 3.2**, este valor no está por encima del valor límite de 1000 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.2 Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.

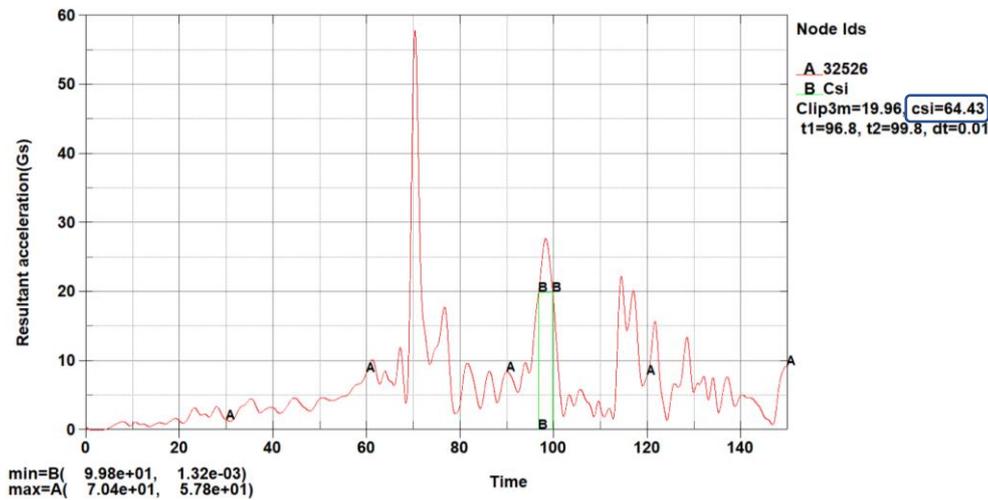


Curva de aceleración vs tiempo con respecto a los valores de HIC de la cabeza sin airbag.

Índice de severidad en el pecho

Los resultados obtenidos que se indican en la **Figura 3.3** indica un valor de CSI de 64,13 dicho valor está por debajo del valor límite de 180 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.3 Curva de Índice de severidad en el pecho.

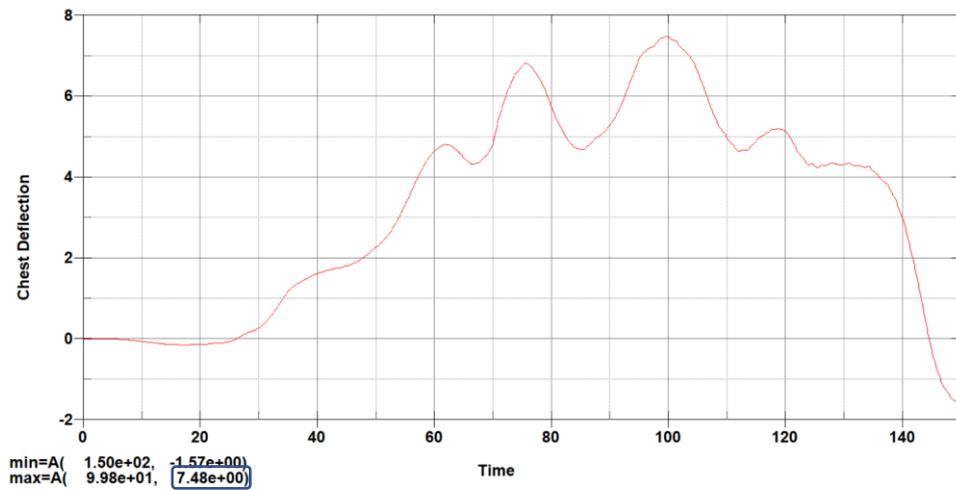


Severidad de lesión del pecho sin airbag.

Desplazamiento del tórax

Los resultados obtenidos que se observan en la **Figura 3.4** indica que existe un desplazamiento de 7,48 mm que no está por encima del valor límite de 50 mm permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.4 Curva del desplazamiento del tórax.

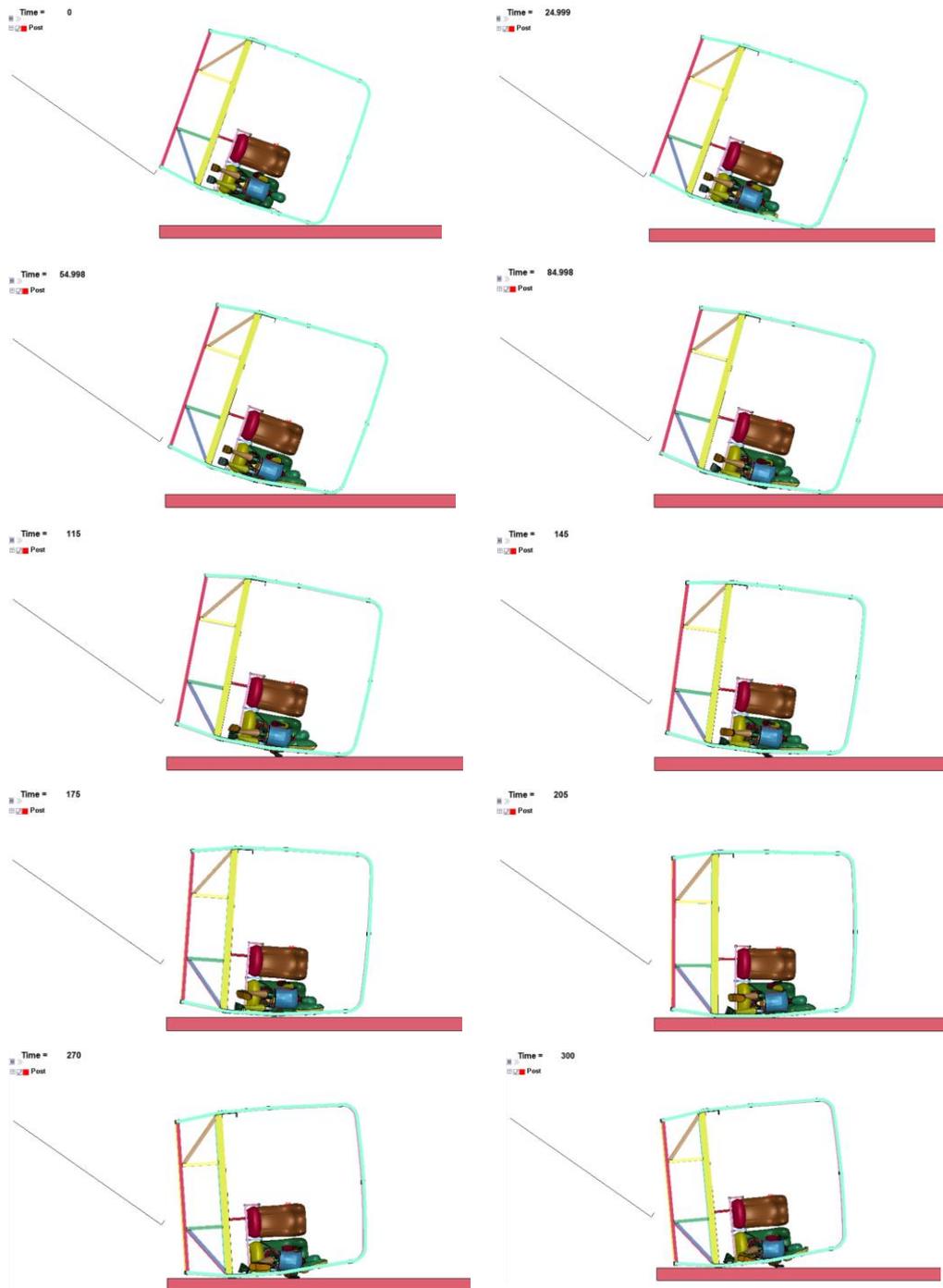


Curva de desplazamiento del tórax sin airbag.

3.2 Simulación de vuelco con airbag de menor flujo másico.

Los resultados obtenidos para el vuelco de la sección de carrocería sin airbag se presentan en una secuencia hasta los 300 ms en la **Figura 3.5**.

Figura 3.5 Secuencia del vuelco de la sección de carrocería con airbag de menor flujo másico.

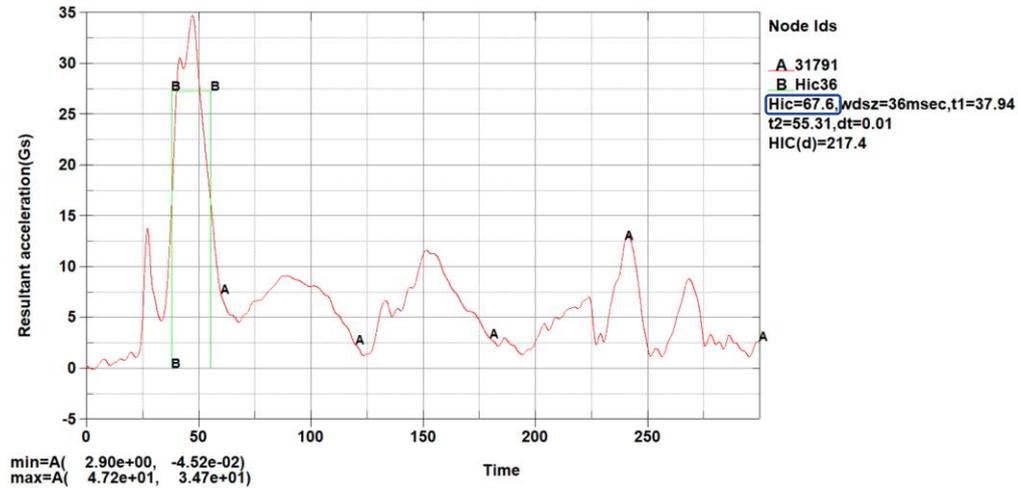


Secuencia de simulación de la estructura con airbag de menor flujo másico.

3.2.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco con airbag de menor flujo másico. Criterio de lesión en la cabeza (HIC)

Los resultados obtenidos muestran un valor de HIC de 67,6 en la **Figura 3.6**, este valor no está por encima del valor límite de 1000 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.6 Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.

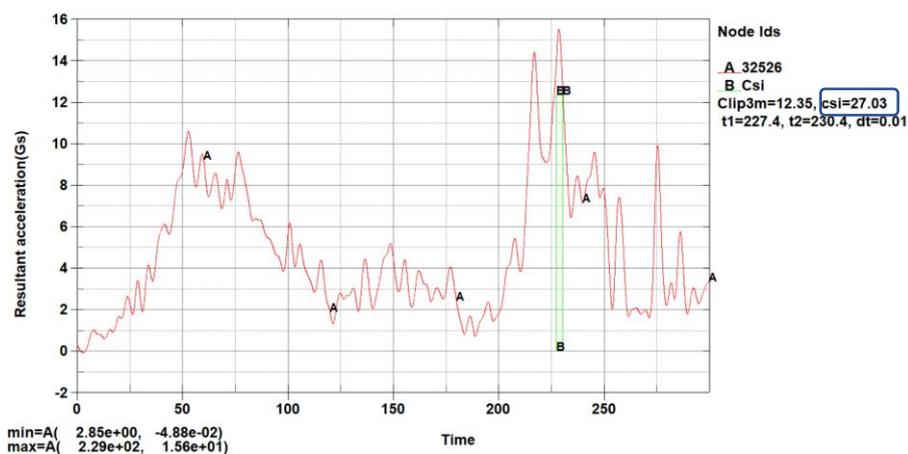


Curva de aceleración vs tiempo con respecto a los valores de HIC de la cabeza con airbag de menor flujo másico.

Índice de severidad en el pecho

Los resultados obtenidos que se indican en la **Figura 3.7** muestra un valor de CSI de 27,03 dicho valor está por debajo del valor límite de 180 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.7 Curva de Índice de severidad en el pecho.

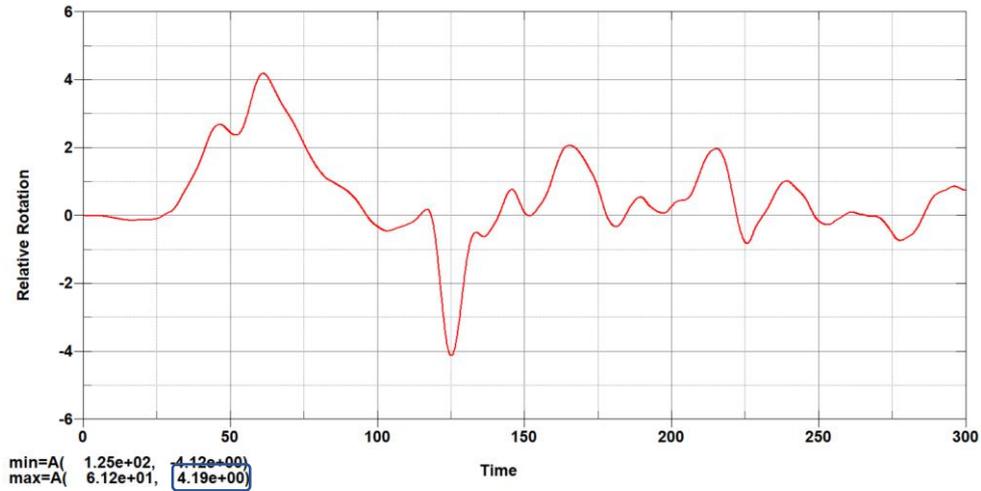


Gráfica de severidad de lesión del pecho con airbag de menor flujo másico.

Desplazamiento del tórax

Los resultados obtenidos que se observan en la **Figura 3.8** indica que existe un desplazamiento de 4,19 mm que no está por encima del valor límite de 50 mm permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.8 Curva del desplazamiento del tórax.

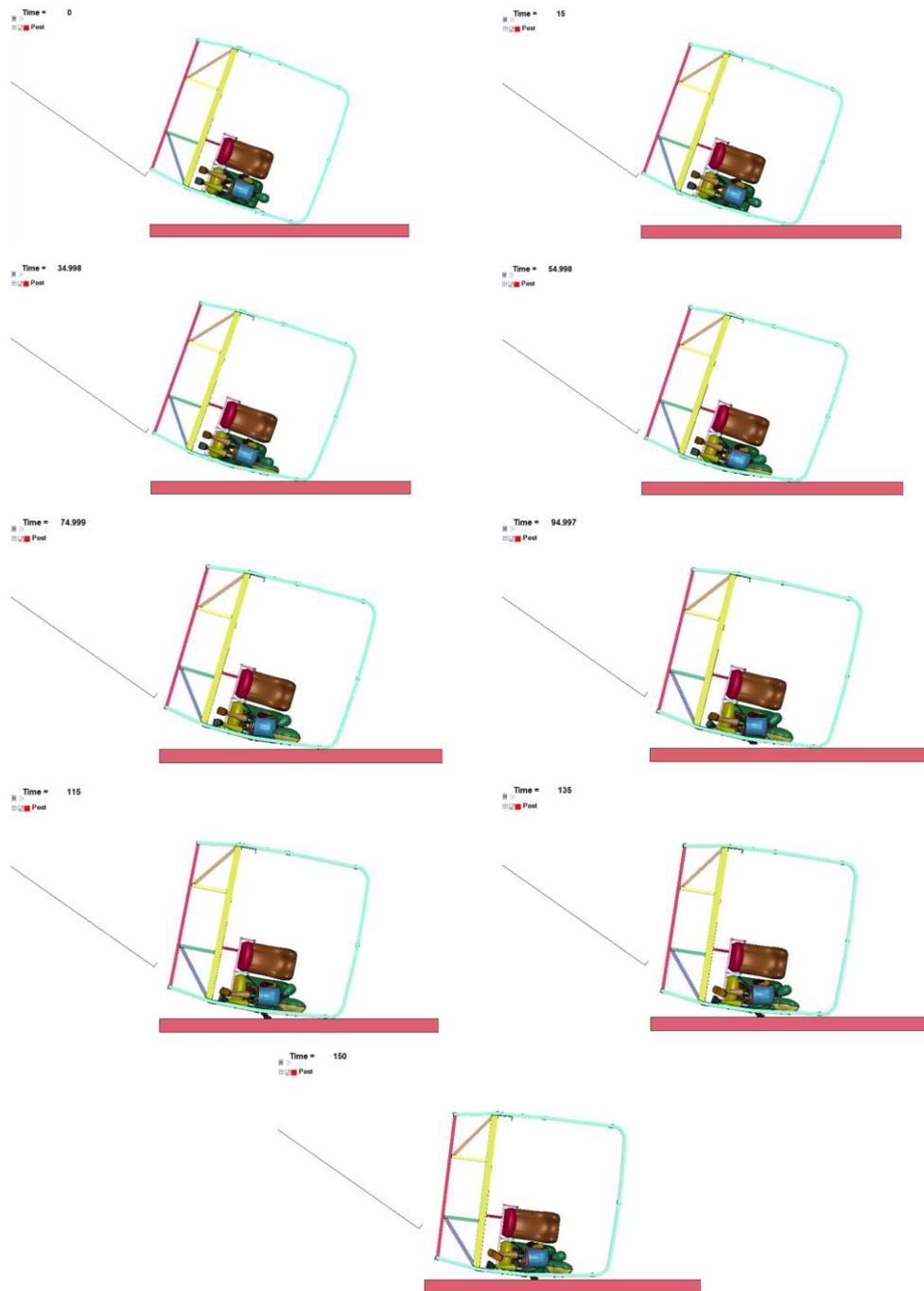


Curva de desplazamiento del tórax con airbag de menor flujo másico.

3.3 Simulación de vuelco con airbag de flujo másico moderado.

Los resultados obtenidos para el vuelco de la sección de carrocería sin airbag se presentan en una secuencia hasta los 150 ms en la **Figura 3.9**.

Figura 3.9 Secuencia del vuelco de la sección de carrocería con airbag de flujo másico moderado.



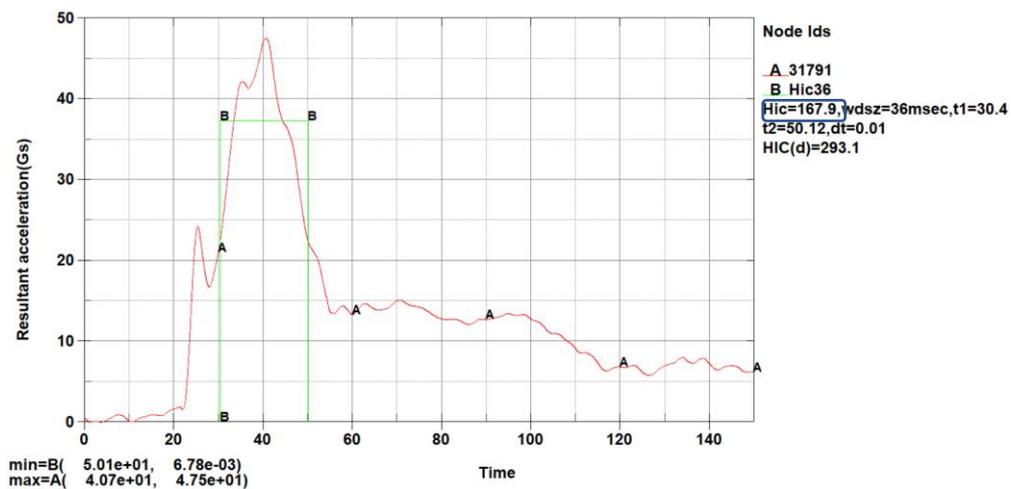
Secuencia de simulación de la estructura con airbag de flujo másico moderado.

3.3.1 Criterios de lesiones del maniquí en el vuelco con airbag de flujo másico moderado.

Criterios de lesión en la cabeza (HIC)

Los resultados obtenidos muestran un valor de HIC de 167,9 en la **Figura 3.10**, este valor no está por encima del valor límite de 1000 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.10 Curva de Aceleración resultante vs Tiempo.

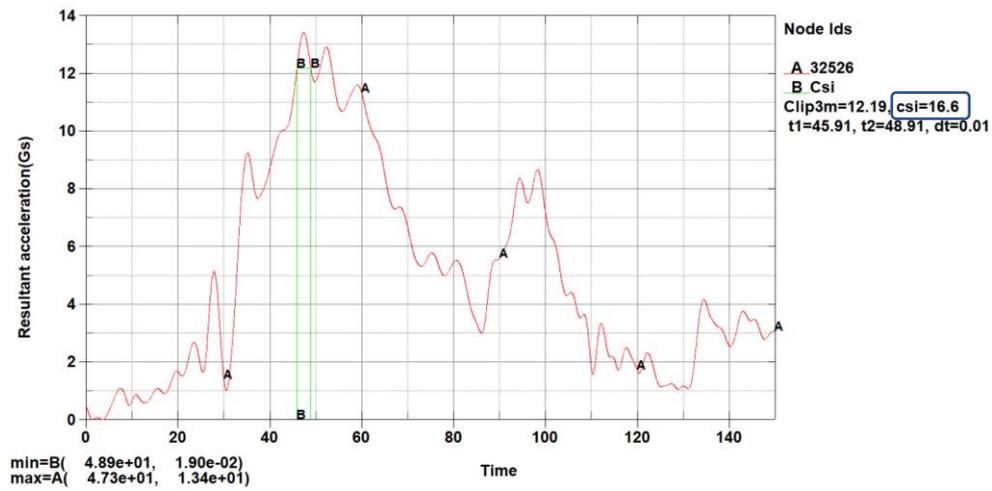


Curva de aceleración vs tiempo con respecto a los valores de HIC de la cabeza con airbag de flujo másico moderado.

Índice de severidad en el pecho

Los resultados obtenidos que se indican en la **Figura 3.11**, muestra un valor de CSI de 16,6 dicho valor está por debajo del valor límite de 180 permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.11 Curva de Índice de severidad en el pecho.

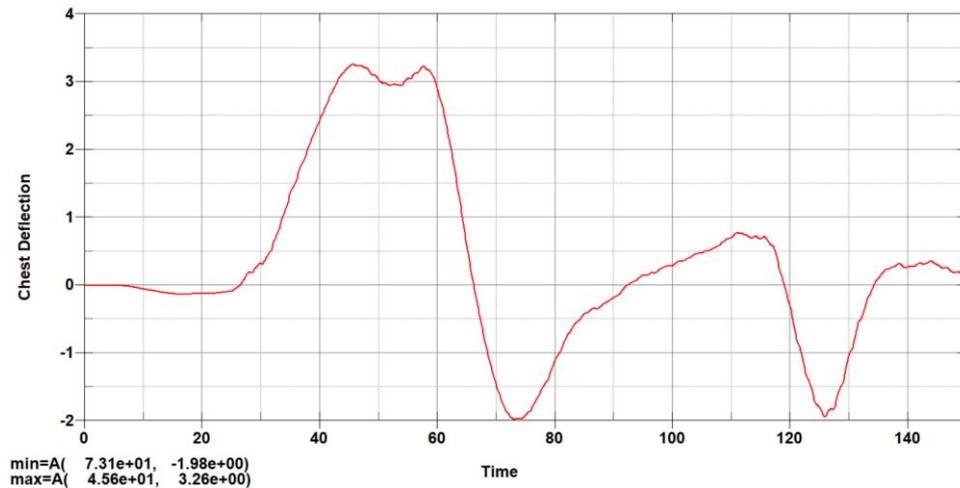


Severidad de lesión del pecho con airbag de flujo másico moderado

Desplazamiento del tórax

Los resultados obtenidos que se observan en la **Figura 3.12**, indica que existe un desplazamiento de 3,26 mm que no está por encima del valor límite de 50 mm permitido en el Reglamento de n°94 de CEPE.

Figura 3.12 Curva del desplazamiento del tórax.



Desplazamiento del tórax con airbag de flujo másico moderado.

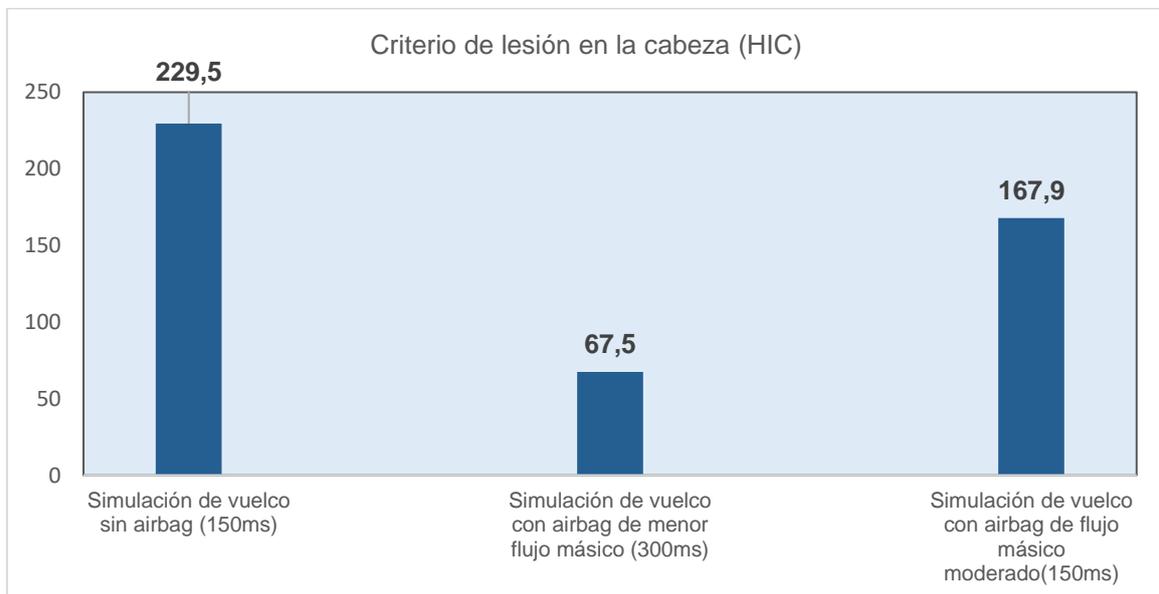
3.4 Análisis De Resultados

Se tomó en cuenta que las simulaciones presentadas se las realizó mediante un software para determinar el análisis y resultados con cada uno de los diferentes apartados que beneficiaran a esta investigación.

Lesión de la cabeza (HIC)

Se determinaron los resultados de la siguiente forma. Con la implementación del airbag de menor flujo másico se redujo en un 70,5% la lesión de la cabeza, mientras tanto con airbag de flujo másico moderado redujo en un 26,8% con respecto a la simulación sin utilizar airbag.

Figura 3.13 Criterio de lesión de la cabeza

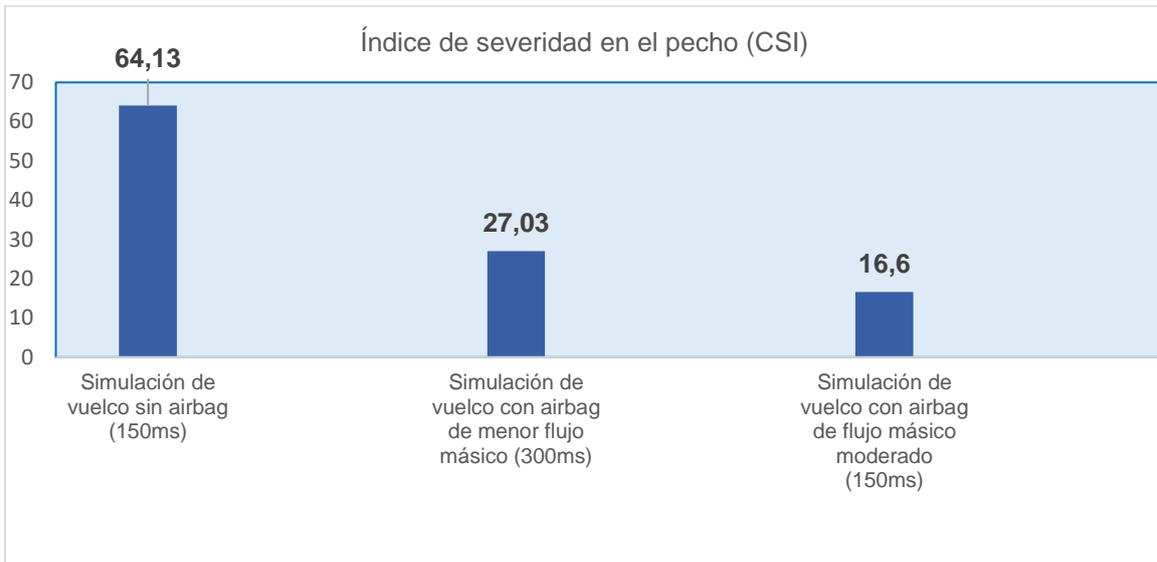


Valores generados por el software para el respectivo análisis de lesión (HIC)

Índice de severidad del pecho (CSI)

Los resultados se determinaron de la siguiente forma. Con la implementación del airbag de flujo másico moderado se redujo en un 74,1% el índice de severidad del pecho, mientras que con el airbag de menor flujo másico se redujo en un 57,8% con respecto a la simulación sin utilizar airbag.

Figura 3.14 Índice de severidad del pecho (CSI).

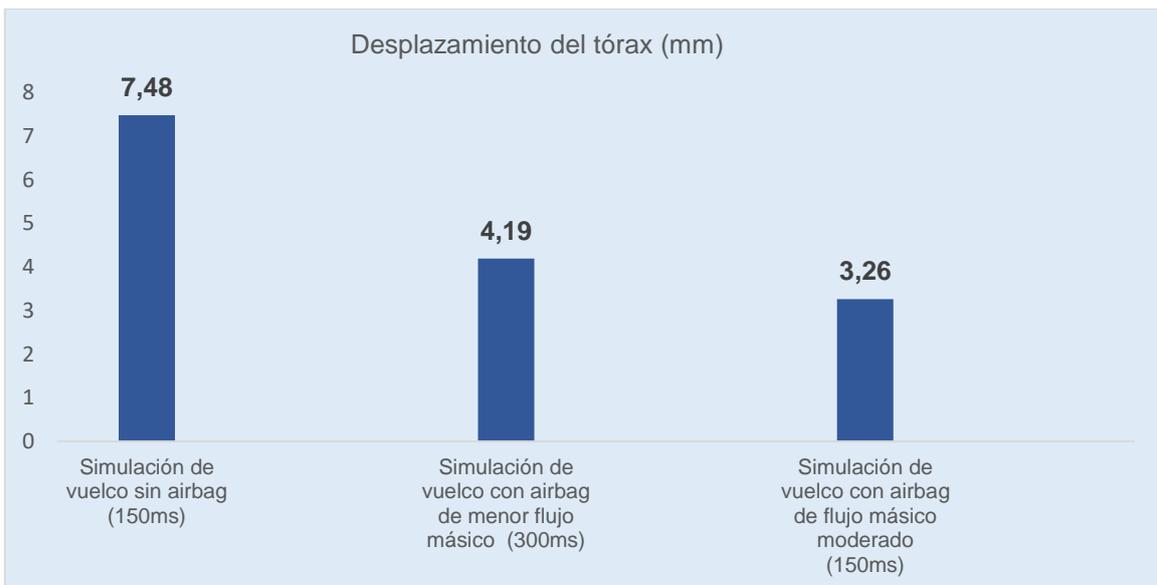


Valores generados por el software para el análisis del índice de severidad (CSI)

Desplazamiento del tórax

Los resultados se determinaron de la siguiente forma. Con la implementación del airbag de flujo másico moderado se redujo en un 56,4% el desplazamiento del tórax, mientras que con el airbag de menor flujo másico se redujo en un 44% con respecto a la simulación sin utilizar airbag.

Figura 3.15 Desplazamiento del tórax (mm).



Valores generados por el software para el respectivo análisis del tórax (mm)

3.5 Discusión De Resultados

Según SCANIA (2019) por medio de pruebas de impacto y vuelco en camiones, han implementado un sistema de seguridad pasiva para evitar lesiones tanto al conductor como al copiloto, en este caso un sistema de airbag tipo cortina el cual es puesto a prueba con ayuda de un Dummy se logra apreciar una simulación en tiempo real. Por lo que los resultados obtenidos durante esta prueba de simulación, establece buenos criterios de mejora en este sistema dando un aporte al campo automotriz e innovando hacia un buen futuro. De igual forma los resultados obtenidos son similares a esta investigación, lo que ayuda a comparar dos entidades una real y otra ficticia con el fin de reducir costos y hacer uso de la tecnología que favorece en gran parte para este tipo de investigaciones.

Por otro lado, Chuquimarca Catagña, Bryan Alejandro y Guashpa Bonilla (2022) mencionan la implementación de airbag en vehículos tipo SUV, las respectivas simulaciones las realizaron por medio de software, demostrando a cabalidad resultados que ayuda en un 60% a reducir una lesión en las partes más críticas del cuerpo humano a fin de precautelar la salud de la persona y asegurando seguridad para los ocupantes, de esta forma complementando con esta investigación con un valor de reducción de lesión del 70,5% efectivamente los valores son muy cercanos y de este modo aseguramos una información más confiable y aportando con mejoras en los sistemas de seguridad.

De igual forma, (Hongyun Li, Chengyue Jiang, Dong Cui, 2018) señalan que los efectos de la bolsa de aire de cortina en vehículos chinos, han sido de mejoras en cuanto a seguridad de los ocupantes, reduciendo el índice de lesiones en accidentes de vuelco. Teniendo en cuenta que las simulaciones presentadas reducen en un 45,9% en cuanto a una lesión en la cabeza, para lo cual se comparó con la presente investigación y sus resultados son del 70,5% permitiendo determinar que es accesible el uso de sistemas de seguridad pasiva. Pero existe una desventaja de su estructura la cual no es de gran ayuda para salvaguardar la vida de los ocupantes y esto afectaría en su investigación a reducir el índice de supervivencia.

Cada día el índice de muertes aumenta en casi un 60%. Por lo que Horton Emergency Vehicles (2021) implemento un sistema de seguridad en las ambulancias, debido a la cantidad de accidentes y al tipo de estructura rígida que presenta dentro de ellas tanto para los paramédicos como para los acompañantes. Por lo que diseñaron dos tipos de airbag uno de tipo cortina y otro de tipo tubular y la implementación del cinturón de seguridad de 4 puntos para la protección de los ocupantes. Aportando a una mejora del

95% la cual hace que sea muy práctica la implementación de estos sistemas y genere confiabilidad para las personas.

4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Se realizó el diseño de la sección de la carrocería de un autobús para lo cual se utilizó Acero Estructural ASTM A500 Grado “A” de acuerdo a las condiciones indicadas en la Normativa INEN 1668, así como también los asientos con el cinturón de seguridad usando el software CAD para someterse a la simulación de vuelco.

Para la implementación del airbag, se colocó una estructura en la parte lateral de la ventana que soporta el airbag Hybrid Model con un flujo másico de $5.24e^{-4}$ kg/ms y se ensambló el maniquí de prueba Dummy Hibryd III 50% Hombre el mismo de manera que sea cubierta completamente, evitando cualquier contacto con los otros elementos para no crear error durante la simulación.

La simulación se ejecutó considerando los sistemas de seguridad para un airbag de flujo másico moderado de $8.74e^{-4}$ kg/ms, airbag de menor flujo másico $5.24e^{-4}$ kg/ms, y sin airbag, en cuanto al criterio de lesión en la cabeza (HIC) se encontró valores de 167,9; 67,5 y 229,5 para el índice de severidad en el pecho (CSI) se obtuvo valores de 16,6; 27,03 y 64,13 y en cuanto al desplazamiento del tórax se determinó valores de 3,26; 4,19 y 7,48 respectivamente.

Los resultados permitieron diferenciar y comparar los respectivos valores que fueron analizados, el airbag de menor flujo másico redujo el criterio de lesión de la cabeza (HIC) en un 70,5%, el de flujo másico moderado redujo el 26,8%, con respecto a la ausencia de airbag. De igual forma el índice de severidad en el pecho (CSI) con airbag de menor flujo másico redujo en un 57,8%, mientras que con el airbag de flujo másico moderado redujo en un 74,1% en cuanto a la no utilización del airbag. Y finalmente el desplazamiento en el tórax con airbag de menor flujo másico redujo en un 44% mientras que con airbag de flujo másico moderado redujo en un 56,4% con respecto a la no implementación del airbag. Manifestando que estos resultados indican que el uso de airbag ayuda a reducir las lesiones, daños graves o incluso la muerte de los pasajeros en buses interprovinciales.

4.2 RECOMENDACIONES

Tener en consideración la topología compartida al momento de transportar el diseño al software CAE para poder asegurar que toda la estructura se encuentre fija es decir que se encuentre soldado para que al momento de la simulación no exista piezas desacopladas.

Las unidades de medida son un factor muy importante y de correcto uso, por lo cual se recomienda mantener en un solo sistema de medida, debido a que los dos softwares trabajan de manera diferente y al final podría generar errores en la simulación por lo se requiere que sean manejados correctamente.

Para un correcto trabajo es favorable realizar las simulaciones empezando por el apartado sin airbag, luego con airbag de moderado flujo másico y finalmente con airbag de menor flujo másico, todo esto para facilitar la modificación en las cartas de control y evitar alguna alteración durante la simulación.

Se recomienda operar correctamente tanto la normativa INEN, como el Reglamento N⁰ 66 y N⁰ 94, lo cual ayudará a manejar los resultados ejecutados y a determinar los valores de forma adecuada, a fin de realizar las comparaciones respectivas para determinar si es favorable el uso de un sistema de seguridad pasiva o no.

REFERENCIAS

- Albert, D. L., Beeman, S. M., & Kemper, A. R. (2018). Occupant kinematics of the Hybrid III, THOR-M, and postmortem human surrogates under various restraint conditions in full-scale frontal sled tests. *Traffic Injury Prevention, 19*, 10.
<https://doi.org/10.1080/15389588.2017.1405390>
- Chuquimarca Catagña, Bryan Alejandro y Guashpa Bonilla, D. A. D. (2022). *ESPE, Universidad de las Fuerzas Armadas*. 1–222.
- Edisson Ismael Ayala Yunga, L. E. T. T. (2021). *Análisis de la implementación de un sistema de airbag en autobuses en la seguridad del conductor durante un impacto frontal*.
- EuroNCAP. (2022). *European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) Assessment Protocol – Adult occupant protection. November, 28*. <http://www.euroncap.com/en>
- Europa, R. n 94 de la C. E. para E. (CEPE). (2010). Prescripciones uniformes sobre la homologación de los vehículos en lo relativo a la protección de. *Diario Oficial de La Unión Europea, 50–100*.
- Güler, M. a, & Atahan, A. O. (n.d.). *The ECE R66 Regulation. EFFECTIVENESS OF SEAT BELT USAGE ON THE ROLLOVER CRASHWORTHINESS OF AN INTERCITY COACH, 1–12*.
- Hongyun Li, Chengyue Jiang, Dong Cui, S. L. (2018). The effects of curtain airbag on occupant kinematics and injury index in rollover crash. *Applied Bionics and Biomechanics, 2018, 12*.
<https://doi.org/10.1155/2018/4980413>
- Horton Emergency Vehicles. (2021). Horton Occupant Protection System About to calls present a unique paradox . *REVGROUPE, 8*.
- Instituto Nacional de Estadísticas - Censos. (2022). *Estadísticas de Transporte*.
www.ecuadorencifras.gob.ec
- Jeong Keun, Lee Won Pil, Ha Jae Hyun, L. (2009). Validation Methodology on Airbag Deployment Process of Driver Side Airbag. *VALIDATION METHODOLOGY ON AIRBAG DEPLOYMENT PROCESS OF DRIVER SIDE AIRBAG, 09, 1–9*.
- Jones, D. A., Gaewsky, J. P., Somers, J. T., Gayzik, F. S., Weaver, A. A., & Stitzel, J. D. (2019). *Head injury metric response in finite element ATDs and a human body model in multidirectional loading regimes*. Traffic Injury Prevention; Taylor & Francis.
<https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1707193>
- Julio Velásquez. (2023). Si “inclinamos” un coche ligeramente, en el. *Vuelco, 12*.
- Kadir Elitok, Dr. Megmet A. Guler, B. B. (n.d.). The influence of seat structure and passenger weight on the rollover crashworthiness of an intercity coach. *International LS-DYNA User Conference, 9, 11–20*. <https://doi.org/10.1080/13588260701485297>

- Mohan, P., Marzougui, D., & Kan, C. D. (2009). Development and validation of Hybrid III crash test dummy. *SAE Technical Papers*, 9. <https://doi.org/10.4271/2009-01-0473>
- Moreano, S. A. C. (2023). "ANÁLISIS DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES NO CONVENCIONALES EN LA DEFORMACIÓN DE BISAGRA PLÁSTICA, EN COLISIONES DE VUELCO DE AUTOBUSES SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE LA CEPE R66, POR MEDIO DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EMPLEANDO SOFTWARE CAE." *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*.
- NTE INEN 1323. (2009). Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 14.
- NTE INEN 1668. (2015). ECUATORIANA NTE INEN 1668. *Servicio Ecuatoriano de Normalización*.
- NTE INEN 2415. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 104 : 2013 Primera revisión BARRAS CON RESALTES DE ACERO AL CARBONO. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 10.
- Pradeep Mohan, Chung-Kyu Park, Dhafer Marzougui, C.-D. K. (n.d.). LSTC / NCAC Dummy Model Development. *International LS-DYNA User Conference*, 11, 55.
- Reglamento N 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (2011). Actos adoptados por órganos creados mediante acuerdos internacionales. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 8–9.
- Román, R. G. (2011). Departamento de Ingeniería Mecánica SIMULACIÓN DE UN ATROPELLO MEDIANTE LS-DYNA. In *Universidad Carlos III Madrid*.
- SCANIA. (2019). *diario de Transporte*.
<https://www.diariodetransporte.com/articulo/sociedad/los-airbags-laterales-de-scania-aumentan-la-seguridad-de-los-conductores-en-caso-de-vuelco/20190227230643049258.html>
- Thomas Built Buses. (2023). *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Built_Buses
- Wei Zhou, Anton Kuznetsov, C. Q. W. & I. T. (2019). A comparative numerical study of motorcoach rollover resistance under ECE R66 and proposed NHTSA regulation conditions. *International Journal of Crashworthiness*, 25(19), 2.
<https://doi.org/10.1080/13588265.2018.1544476>

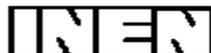
ANEXOS

1 Propiedades Mecánicas (ASTM).

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	NORMA TÉCNICA		GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN MÍNIMO
	DEL TUBO	DEL ACERO				
REDONDO	ASTM A 500/A500M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
CUADRADO	ASTM A 500/A 500M	ASTM A500 GRADO A	A	269	310	25
	ASTM A 500/A500M	ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
RECTÁNGULO	ASTM A 500/A500M	ASTM A500 GRADO A	B	269	310	25
	ASTM A 500/A500M	ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25

2 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 1323: 2009, NTE INEN 1668: 2015 y NTE INEN 2415: 2013.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 323:2009
Primera revisión

VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.

Primera Edición

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos
MC 01.01-401
CDU: 629.11.011.6
CIU: 3843
ICS: 43.020.60

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS	NTE INEN 1 323:2009 Primera Revisión 2009-02
--	--	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional. (Ver nota 1).

2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de la presente NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1 155 vigente, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Carga de aceleración brusca* (A_b). Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.

3.1.2 *Carga de frenado* (F). Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.

3.1.3 *Carga de giro* (G). Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.

3.1.4 *Carga por Resistencia del Aire frontal* (R_{af}). Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

3.1.5 *Carga muerta* (M). Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

3.1.6 *Carga viva* (V). Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

3.1.7 *Carrocería*. Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.

3.1.8 *Carrocería autoportante*. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.

3.1.9 *Bastidor o chasis*. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).

3.1.10 *Espacio de supervivencia*. Es el volumen que se obtiene en el compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura 1, de manera que se pase el punto S_R de la figura 2 desde el punto S_R del último asiento exterior a través del punto S_R de cada asiento exterior intermedio hasta el punto S_R del primer asiento exterior del ocupante.

NOTA 1.- La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.

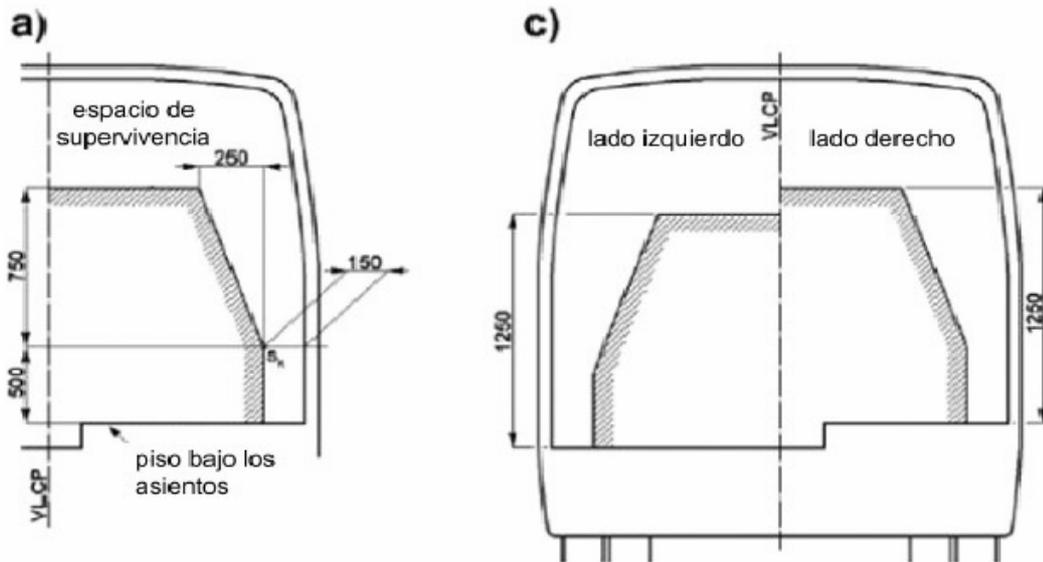
(Continúa)

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos

FIGURA 1. Vista transversal del espacio de supervivencia. (Ver nota 2)

Especificación del espacio de supervivencia

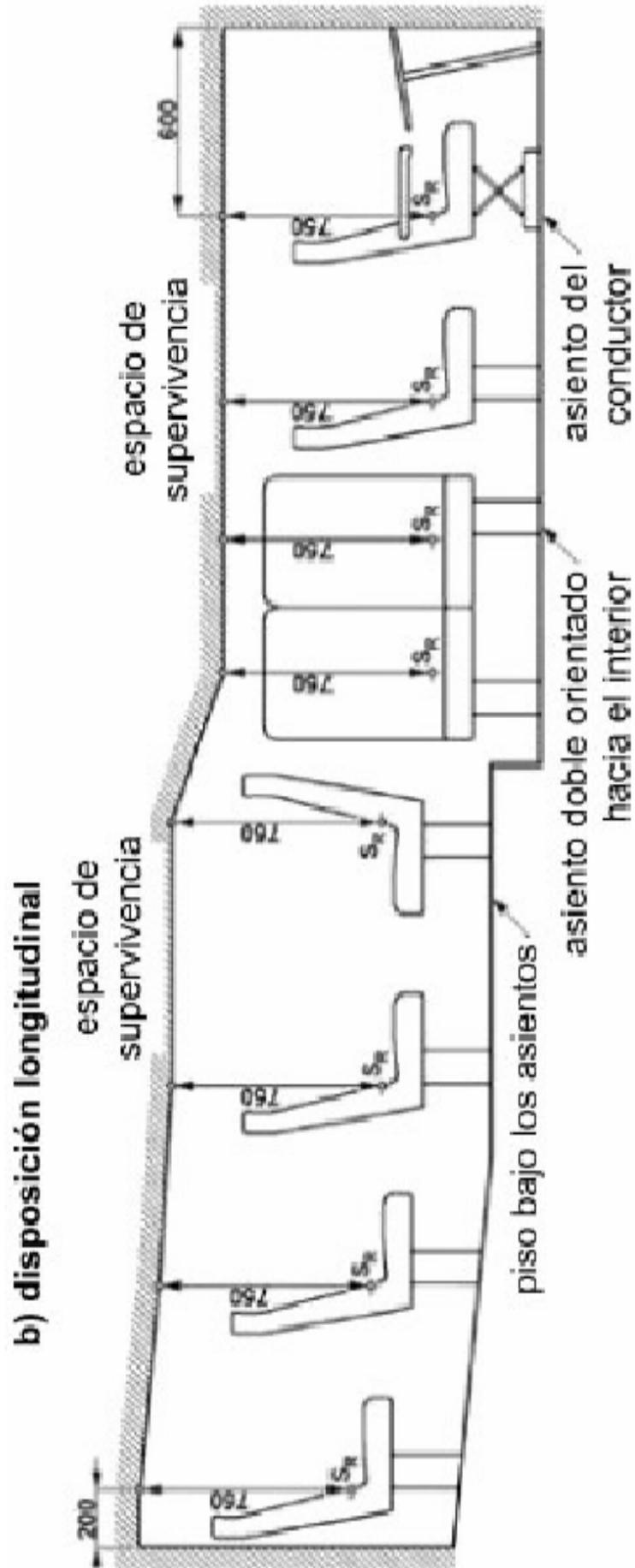
a) y c) disposiciones laterales



NOTA 2. El objetivo de las figuras 1 y 2 es indicar las dimensiones en milímetros del espacio de supervivencia. Las figuras 1 y 2 no están relacionadas con una forma geométrica o distribución de asientos específica en las carrocerías.

(Continúa)

FIGURA 2 Vista longitudinal del espacio de supervivencia



b) disposición longitudinal

3.1.11 Peso máximo admisible para el chasis. Conocida también como capacidad de carga. Es la carga útil máxima emitida para la cual fue diseñado el vehículo. Este valor es proporcionado por el fabricante del chasis.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Consideraciones de diseño de la carrocería. Se debe considerar lo siguiente:

4.1.1 Las especificaciones del chasis, lo cual incluye:

- Tipo de Servicio de la carrocería.
- Peso bruto vehicular (PBV).
- Capacidad de carga de los ejes.
- Peso del chasis en vacío o tara, total y por ejes.
- Relación peso/potencia.

4.1.2 La estabilidad, lo cual incluye:

- Distribución de masa
- Altura del centro de gravedad
- Dimensiones de la carrocería
- Rigidez de suspensión.
- Capacidad de inclinación (rolido).

4.1.3 El confort, lo cual incluye:

- Aislamiento acústico y térmico.
- Ventilación.
- Hermeticidad.
- Ergonomía.

4.1.4 El mantenimiento, lo cual incluye:

- Accesibilidad a los elementos del vehículo.

4.1.5 La seguridad, lo cual incluye:

- Seguridad activa y pasiva.

4.1.6 Método de anclaje y montaje, lo cual incluye:

- Disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado).

4.1.7 Estructura, lo cual incluye:

- Materiales metálicos y no metálicos.
- Uniones y juntas.
- Tratamientos de materiales.
- Geometría.
- Resistencia estructural.

(Continúa)

5. REQUISITOS

5.1 Estructura de las carrocerías de buses

5.1.1 Cargas de Diseño. Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

5.1.1.1 Cargas vivas. Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1. Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m ²)
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

5.1.1.2 Carga de Giro (G). Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

TABLA 2.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m³

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

(Continúa)

5.1.1.3 Carga de frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 (ver Nota 6).

5.1.1.4 Carga de aceleración brusca (A_b). Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal (R_{af}). Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = (1/2) \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2$$

Donde:

R_{af} = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

ρ = Densidad del aire, en (kg/m^3).

V = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

A_f = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m^2).

C_x = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

5.1.2 Combinaciones de cargas básicas. Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)

1: M

2: M + V

3: M + V + G

4: M + V + F

5: M + V + F + R_{af}

6: M + V + R_{af}

7: M + V + A_b

8: M + V + A_b + R_{af}

5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)

1: $1,4M+V$

2: $1,2M + 1,6V + 0,5G$

3: $1,2M + 0,5V + 1,6G$

4: $1,2M + 1,6F + 0,8 R_{af}$

5: $1,2M + 0,5 V + 0,5F + 1,3R_{af}$

6: $1,2M + 1,5A_b + 0,5V$

7: $0,9M - 1,3R_{af}$

8: $0,9M + 1,3R_{af}$

5.1.3 Factores. Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AISl).

5.1.4 Las cargas combinadas, según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

NOTA 6. De acuerdo con el Ensayo del Tipo 0 con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

5.1.5 Resistencia de la estructura. Las estructuras de carrocerías deberán cumplir las siguientes condiciones:

5.1.5.1 Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al cincuenta por ciento (50%) del peso máximo admisible para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformaciones en ningún punto, que superen los setenta milímetros (70 mm).

5.1.5.2 Durante el ensayo de resistencia de la estructura o ni una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure de las Naciones Unidas. (Ver Nota 7)

5.1.6 Materiales de la estructura. Deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las NTE INEN correspondientes vigentes. (Ver nota 8).

5.1.7 Soldadura de carrocerías. Las carrocerías de buses deben soldarse de acuerdo con las normas vigentes AWS D8.8 para componentes de acero y/o AWS D8.14 para componentes de aluminio.

5.1.7.1 El proceso y procedimiento de soldadura será calificado de acuerdo con las normas vigentes AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable.

5.1.8 Manuales. El fabricante de carrocerías debe disponer y aplicar la información indicada en los manuales de fabricación y montaje de carrocerías provistos por el fabricante de chasis. Para ello el fabricante de chasis debe entregar obligatoriamente dichos manuales específicos para cada modelo de chasis.

5.2 Unión chasis-carrocería. Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis para bus de transporte de pasajeros, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías de buses.

5.3 Documentos técnicos. El proveedor de carrocerías debe disponer de memorias de cálculo estructural, listado de materiales, planos de construcción dimensionales, eléctricos, y neumáticos; para cada modelo de carrocería y chasis. El formato de los planos debe cumplir con el CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.

5.4 Vidrios de seguridad. Los vidrios deben cumplir con la NTE INEN 1669 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.5 Elementos de seguridad. Las carrocerías de buses deben cumplir con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.6 Los dispositivos de alumbrado, espejos retrovisores y señalización luminosa deben cumplir con la NTE INEN 1 155 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.7 Otros Requisitos

5.7.1 Superficies de pisos y áreas de entrada y salida. Deben ser de material antideslizante.

5.7.2 Equipo e instalación eléctrica. Deben cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver anexo A).

5.7.3 Pintura. Debe cumplir con las NTE INEN correspondientes vigentes (ver nota 8).

NOTA 7. Mientras no exista un documento normativo INEN equivalente

NOTA 8. En el caso de no existir Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN se deben utilizar las normas o reglamentos equivalentes de reconocido prestigio, tales como: ASTM, DIN, JIS, ANSI.

(Continúa)

5.7.4 Aislamiento térmico y acústico. Debe cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.1 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver Anexo A).

5.7.5 Flamabilidad de materiales. Retardante al fuego con un índice de llama no menor de 150 bajo la norma ASTM E 162 o un máximo de 250 mm/min según la norma ISO 3795.

5.7.6 Sujeción de Parabrisas. Debe cumplir con lo dispuesto en el documento normativo FMVSS 212 vigente.

5.7.7 Los materiales del piso, la perfilera de las ventanas y de las puertas deben cumplir con las NTE INEN vigentes (ver Nota 8).

5.7.8 Los sistemas eléctricos y neumáticos deben estar ocultos (ver Anexo A).

5.7.9 Salidas de emergencia. El número mínimo de salidas de emergencia será de acuerdo a la tabla 3.

TABLA 3. Número mínimo de salidas de emergencia

Número de pasajeros	Número total mínimo de salidas de emergencia
17-30	4
31-45	5
46-60	6
61-75	7
76-90	8
Mayor a 90	9

6. ENSAYOS

6.1 Los ensayos serán los indicados en la presente norma.

6.2 Métodos de ensayo de resistencia de la estructura.

La estructura del bus se ensayará por cualquiera de los métodos de ensayo contemplados en el numeral 6 del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure, de las Naciones Unidas.

7. ROTULADO

7.1 Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso, visible, legible y debe disponer de al menos la siguiente información:

- Nombre de la empresa fabricante de la carrocería.
- Número de certificado de evaluación de la conformidad de la estructura (NCE).
- Capacidad de pasajeros.
- Fecha de la fabricación (de finalización) (MM/AAAA).
- Número de producción (seis dígitos alfanuméricos).
- Número de chasis (VIN)
- País de origen de la carrocería.

Tamaño mínimo de la placa: 148,5 mm de largo
105 mm de ancho (formato A6).

7.2 El fabricante será responsable de marcar el número de producción indeleblemente en al menos dos lugares de la carrocería.

(Continúa)

ANEXO A

Texto de los numerales 7.5.1, 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva 2001/85/CE.

7.5.1 *Compartimento del motor*

7.5.1.1 En el compartimento del motor no se utilizará ningún material de isonorización inflamable o susceptible de impregnarse de combustible o lubricante, salvo que dicho material esté recubierto de un revestimiento impermeable.

7.5.1.2 Se adoptarán las debidas precauciones, ya sea configurando de forma adecuada el compartimento del motor, ya sea disponiendo orificios de drenaje, para evitar en la medida de lo posible que pueda acumularse combustible o aceite lubricante en alguna parte del compartimento del motor.

7.5.1.3 Entre el compartimento del motor o cualquier otra fuente de calor (como un dispositivo destinado a absorber la energía liberada cuando un vehículo desciende por una larga pendiente, por ejemplo un ralentizador, o un dispositivo utilizado como calefactor del habitáculo, exceptuando sin embargo, los que funcionan por circulación de agua caliente) y el resto del vehículo, deberá colocarse una pantalla de separación resistente al calor. Todas las mordazas, juntas, etc. utilizadas en unión con dicha pantalla de separación deberán ser resistentes al fuego.

7.5.1.4 Podrá instalarse en el compartimento de viajeros un dispositivo calefactor que funcione por un método distinto del de circulación de agua caliente, siempre que este rodeado de material que resista las temperaturas que produzca el dispositivo, no emita gases tóxicos y esté situado de forma que los viajeros no puedan entrar en contacto con una superficie caliente.

7.5.2 *Equipo e instalación eléctricos*

7.5.2.1 Todos los cables deben estar bien aislados y todos los cables y material eléctrico deben resistir las condiciones de temperatura y humedad a las que están expuestos. En cuanto al compartimento del motor, se prestará especial atención a su resistencia a la temperatura ambiente y a los efectos de todos los posibles productos contaminantes.

7.5.2.2 Ninguno de los cables utilizados en los circuitos eléctricos deben transmitir una corriente de intensidad superior a la admisible para el cable en cuestión. Habida cuenta de su forma de montaje y de la temperatura ambiente máxima.

7.5.2.3 Cada circuito eléctrico que alimente un elemento del sistema distinto del motor de arranque, el circuito de encendido (encendido por chispa), las bujías de incandescencia, el dispositivo de parada del motor, el circuito de carga y la conexión a tierra de la batería, deben estar provisto de un fusible o de un disyuntor. No obstante, podrán ir protegidos por un fusible o un disyuntor comunes, siempre que su potencia nominal no sobrepase los 16 A.

7.5.2.4 Todos los cables deben ir bien protegidos y firmemente fijados, de manera que no puedan ser dañados por cortes, abrasiones o roces.

7.5.2.5 Cuando la tensión eficaz supere los 100 voltios en uno o más de los circuitos eléctricos de un vehículo, se conectará un conmutador manual de aislamiento, capaz de desconectar dichos circuitos de la alimentación eléctrica principal, a todos los polos que no vayan conectados eléctricamente a tierra, situándolo en el interior del vehículo de modo que el conductor pueda acceder fácilmente a él, todo ello, siempre que dicho conmutador de aislamiento no pueda desconectar ninguno de los circuitos eléctricos que alimentan las luces exteriores obligatorias del vehículo. No obstante esto no será aplicable cuando se trate de circuitos de encendido de alta tensión o de circuitos autónomos incorporados a un elemento de equipo en el vehículo.

7.5.2.6 Todos los cables eléctricos deben estar colocados de tal forma que ninguna parte de los mismos pueda entrar en contacto con ningún tubo de carga de combustible ni con ninguna parte del sistema de escape, ni pueda estar sometida a calor excesivo, a menos que vayan provistos de aislamiento y protección especial, por ejemplo en el caso de una válvula de escape solenoide.

7.5.3 *Baterías*

7.5.3.1 Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles.

7.5.3.2 El compartimento de las baterías estará separado del habitáculo destinado a los viajeros y del habitáculo del conductor y contará con ventilación por aire del exterior.

7.5.3.3 Los polos de la batería irán provistos de protección contra el riesgo de cortocircuito.

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 03:1989
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1155:2008

*Código de Dibujo Técnico Mecánico.
Vehículos automotores. Dispositivos para
mantener o mejorar la visibilidad. Primera
Revisión.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1669:1990

*Vidrios de seguridad para automotores.
Requisitos.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3833:2008

*Vehículos automotores. Tipos. Términos y
definiciones. Primera Revisión.*

Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE 034:2008

*Elementos mínimos de seguridad en
vehículos automotores.*

Reglamento a la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.

ASTM E 162 Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source.

AWS D1.2 Structural Welding Code- Aluminium.

AWS D1.3 Structural Welding Code- Sheet Steel.

AWS D1.6 Structural Welding Code- Stainless Steel.

AWS D8.8M. Specification for Automotive weld quality-Arc Welding of Steel.

AWS D8.14M/D8.14. Specification for automotive and light truck components weld quality aluminium arc welding.

Directiva Europea: Directiva 98/12/CE de la Comisión del 27 de enero de 1998 por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 71/320/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y sus remolques.

Directiva Europea: Directiva 2001/85/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de noviembre del 2001, relativa a las disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor, y por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE.

FMVSS 212. Federal Motors Vehicles Safety Standard 212. Windshield Mounting.

ISO 3795. Road Vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry. Determination of burning behaviour of interior materials.

Norma 3.1-IC: *Trazado*. O.M. de 27 de diciembre de 1999. Boletín Oficial del Estado, número 28, de 2 de febrero de 2000. MINISTERIO DE FOMENTO (2000) Madrid.

Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure

Specification for Structural Steel Buildings. American Institute Steel Construction.

North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members. American Iron and Steel Institute.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Regulation 36. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to their General Construction.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 323 Primera Revisión
TÍTULO: VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS
Código: MC 01.01-401

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2007-06	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1985-07-05 Oficialización con el Carácter de Obligatoria Por Acuerdo No. 545 de 1985-07-31 publicado en el Registro Oficial No. 260(s) de 1985-08-29 Fecha de iniciación del estudio: 2007-06
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Carrocerías de buses

Fecha de iniciación: 2008-04-22

Fecha de aprobación: 2008-07-15

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Alexis Ortiz, (Presidente)
Ing. Christian Villacrés
Ing. Santiago Mena
Sr. Luis A. Mosquera T.
Sr. Pedro Santos

Sr. Raúl Ruiz Dueñas
Sr. Johnny Lowndes
Ing. Ángel Portilla
Sr. Carlos Jácome
Sr. Iván Paredes
Ing. Lenin Jimenez
Sr. Medardo Cepeda
Sr. Ricardo Medina
Ing. James Casteline
Arq. Vinicio Manzano
Sr. Luis Patricio Pérez
Sr. Robert Velasco
Sr. Jorge Enrique Salgado.
Sr. Carlos Laniano
Sr. Raúl Morales
Ing. Pedro Cabrera
Sbte. Luis Palacios

Sr. Jorge Ledesma
Sr. Bladimir Pico
Ing. Luigi M. Lertora Velarde
Sr. Rubén Román
Sr. Francisco Borja
Sr. Moisés Flores
Ing. Jorge Álvarez
Sr. Vicente Chávez

Sr. Carlos Carchi
Ing. Jorge Cevallos
Sr. Carlos Pillapa
Ing. José Sánchez López

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CIMEPI
IBIMCO
CIMEPI
IMETAM C.A
COOPERATIVA ARTESANAL DE
PRODUCCIÓN DE CARROCERIAS
METALICAS TUNGURAHUA-IMPEDSA.
ARTESANOS
SIKA ECUATORIANA SA
AUTEC S.A.
EPN-CCICEV
SERMAN
CINAE
I. MUNICIPIO DE LOJA- UMTTT-L
CEPEDA CIA LTDA
AEADE
METROVIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE TRÁNSITO
METÁLICAS PAPER'S
ESPE
LA CASA DEL PARABRISAS Y VIDRIERIA J.S
ALUVID VENTANAS
CHARLIE AUTOGLASS- CRISETSA
UMT-CUENCA
DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO Y
TRANSPORTE TERRESTRE
ATTE
PICOSA-CANFAC
CIMEG-COLEGIO DE ING. MEC. DEL
GUAYAS
DINA-VOLKSWAGEN
COVIAL
FAIRIS C.A.
CORPAIRE
CÁMARA DE TRANSPORTE – TRANSPORTES
SAN CRISTOBAL
GLASSUIT LOJA
D.N.T.
CARROCERIAS PILLAPA
STARMOTORS

Ing. Marco Grijalva
Ing. Víctor Paredes

Ing. Elizabeth Guamán
Sr. Francisco Velasco
Lcda. Piedad Aguilar
Ing. Geovany Novillo A

Sr. Clemente Ponce
Sr. Víctor Jimenez
Ing. Flavio Cotacachi

Ing. Patricio Lara
Sr. Marco García

Ing. Pablo Viteri
Ing. Alvaro Meza
Srta. Myriam Salgado
Ing. Santiago Benavides
Ing. John A. Quintana I.
Ing. Diego Dávila
Dr. Freddy Sánchez
Ing. Santiago Vargas
Ing. Carlos Landires

Ing. Galo Espín
Ing. Ángel Tierra

Sr. Julio Llerena
Ing. Santiago Montero
Ing. José Miranda
Ing. Santiago Moya
Sra. América Núñez
Ing. Antonio Chamorro
Sr. Marcelo Valencia r
Tlgo. Daniel Mosquera
Ing. Juan Revelo
Sr. Damián Llerena
Ing. Hugo Paredes, (Secretario Técnico)

GM OBB
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS
PÚBLICAS
CCICEV
MOVIMIENTO JUSTICIA VIAL
CANFAC
ESPOCH- FACULTAD INGENIERIA.
MECÁNICA-
AEADE
COVIAL
CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO Y
TRANSPORTE TERRESTRE
CCICEV
ATTE ASOCIACIÓN TRANSPORTE
TURÍSTICO DEL ECUADOR
NEOHYUNDAI
CARROCERIAS PATRICIO CEPEDA
LA CASA DEL PARABRISAS
CIMEPI
CIMEG
ANETA
POLISAN
VARMA S.A.
COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS DEL
GUAYAS-CIMEG
CRILAMIT S.A.
ESPOCH-FACULTAD DE INGENIERIA
MECANICA
CARROCERIAS JC LLERENA
SIKA
MIRAL
PICOSA
CARROCERIAS CUENCA
EMSAT
DINA S.A.
IMETAM
ROOFTEC ECUADOR S.A.
CARROCERIAS JC LLERENA
INEN

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-11-28

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 519 de 2009-02-02

Por Resolución No. 142-2009 de 2009-01-29

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail:furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)
URL:www.inen.gov.ec



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1668

Primera revisión
2015-03

**VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS
INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL.
REQUISITOS**

INTRAREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL PUBLIC TRANSPORT VEHICLES.
REQUIREMENTS

Correspondencia:

ÍNDICE

	Página
1. Objeto	1
2. Campo de aplicación	1
3. Referencias normativas	1
4. Definiciones	2
5. Requisitos	4
ANEXO A Método de ensayo para los requisitos dimensionales	25
ANEXO B Ensayo de aceleración en plano	27
ANEXO C Ensayo de arrancabilidad en pendiente	28
APÉNDICE Z Bibliografía	30

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL REQUISITOS</p>	<p>NTE INEN 1668:2015 Primera revisión 2015-03</p>
--	---	---

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a los vehículos diseñados y equipados para el transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial de un solo piso, sean importados o ensamblados o fabricados en el país.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda):

NTE INEN 960 *Vehículos automotores. Determinación de la potencia neta del motor*

NTE INEN 1155 *Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad*

NTE INEN 1323 *Vehículos automotores. Carrocerías de buses .Requisitos*

NTE INEN 1623 *Perfiles abiertos de acero conformados en frío para uso estructural. Requisitos e inspección*

NTE INEN 1669 *Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos*

NTE INEN 2096 *Neumáticos. Definición y clasificación*

NTE INEN 2099 *Neumáticos. Neumáticos tipo II y tipo III. Requisitos*

NTE INEN 2202 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre*

NTE INEN 2204 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina*

NTE INEN 2207 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel*

NTE INEN 2415 *Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos*

NTE INEN 2656 *Clasificación vehicular*

NTE INEN 2675 *Cinturones de seguridad. Requisitos e inspección*

NTE INEN 2704 *Vehículos automotores. Anclajes del cinturón de seguridad para vehículos*

NTE INEN 2708 *Vehículos automotores. Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros. Resistencia de los asientos y de sus anclajes. Requisitos y método de ensayo*

NTE INEN 2712 *Vehículos automotores. Limitador de velocidad. Requisitos y método de ensayo*

NTE INEN ISO 612 *Vehículos automotores. Dimensiones de vehículos automotores y vehículos remolcados. Términos y definiciones*

NTE INEN ISO 3779 *Vehículos automotores. Número de identificación del vehículo (VIN). Contenido y estructura*

NTE INEN-ISO 3833 *Vehículos automotores. Tipos. Términos y definiciones*

ISO 3795, *Vehículos automotores, y tractores y maquinaria para agricultura y forestal. Determinación del comportamiento frente al fuego de los materiales interiores*

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en las NTE INEN 960, NTE INEN 1155, NTE INEN 1323, NTE INEN 1669, NTE INEN 2096, NTE INEN 2204, NTE INEN 2207, NTE INEN 2656, NTE INEN-ISO 3779, NTE INEN-ISO 612, NTE INEN-ISO 3833 y en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su reglamento general de aplicación, y las que a continuación se detallan:

- 4.1 Abatible.** Que puede girar alrededor de un eje.
- 4.2 Altura del estribo.** Dimensión vertical medida entre la calzada hasta el primer peldaño de las gradas.
- 4.3 Altura de un vehículo.** Dimensión vertical total de un vehículo, desde la superficie de la calzada hasta la parte superior del mismo.
- 4.4 Ancho de vehículo.** Dimensión transversal de un vehículo en su parte más extensa.
- 4.5 Ángulo de aproximación (ángulo de acometida).** Ángulo formado entre el plano horizontal y la línea que se forma entre el centro del punto de contacto del radio perpendicular del neumático delantero a la calzada y el punto más bajo de la parte delantera del vehículo.
- 4.6 Ángulo de salida (ángulo de acometida).** Ángulo formado entre el plano horizontal y la línea que se forma entre el centro del punto de contacto del radio perpendicular del neumático posterior (último) a la calzada y el punto más bajo de la parte posterior del vehículo.
- 4.7 Acceso de pasajeros.** Es el área comprendida desde el marco de la puerta hasta el compartimiento de pasajeros.
- 4.8 Apoyacabezas.** Dispositivo cuyo objetivo es limitar el desplazamiento de la cabeza del pasajero hacia la parte trasera en relación con su torso, con el fin de reducir el peligro de un perjuicio a las vértebras cervicales en caso de accidente.
- 4.9 Asiento.** Estructura anclada a la carrocería del vehículo, que incluye la tapicería y los elementos de fijación, destinados a ser utilizados en un vehículo y diseñado ergonómicamente para la comodidad del pasajero.
- 4.10 Asiento individual.** Diseñado y construido para el alojamiento de un pasajero sentado.
- 4.11 Asiento doble.** Diseñado y construido para el alojamiento de dos pasajeros sentados.
- 4.12 Asiento plegable.** Asiento auxiliar destinado al uso ocasional y que normalmente esta plegado.

- 4.13 Arrancabilidad.** Capacidad motriz de un vehículo para iniciar la marcha.
- 4.14 Estructura auto portante.** Cuando su estructura forma parte esencial del bastidor como: marcos, techo, suelo, etc.
- 4.15 Bastidor.** Conjunto armazón del vehículo. Soporte de los grupos funcionales y de la carga a transportar.
- 4.16 Bus.** Vehículo automotor diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería acondicionada para el transporte de pasajeros con una capacidad de hasta 90 pasajeros, incluido el conductor.
- 4.17 Minibús.** Vehículo automotor diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería acondicionada para el transporte de pasajeros con una capacidad de hasta 60 pasajeros, incluido el conductor.
- 4.18 Bus intrarregional.** Diseñado y equipado para viajes dentro de una misma región.
- 4.19 Bus intraprovincial.** Diseñado y equipado para viajes dentro de una misma provincia.
- 4.20 Bus interprovincial.** Diseñado y equipado para viajes entre provincias.
- 4.21 Capacidad neta de pasajeros.** Número máximo admisible de ocupantes.
- 4.22 Ciclo de funcionamiento del motor.** Principio bajo el cual el motor transforma la energía química del combustible en energía mecánica.
- 4.23 Compartimiento de pasajeros.** Espacio destinado a los pasajeros, excluido cualquier espacio ocupado por instalaciones fijas.
- 4.24 Conductor.** Toda persona mayor de edad que reúne los requisitos legales para conducir el tipo de vehículo a motor.
- 4.25 Contrahuella.** Plano vertical del peldaño.
- 4.26 Corredor central.** Espacio libre o área útil del vehículo excluyendo las áreas de entrada y salida, cobranza, conductor y asientos de pasajeros.
- 4.27 Dirección asistida.** Que tiene un sistema que facilita el movimiento de giro de las ruedas.
- 4.28 Diseño original.** Comprende los planos, normas técnicas de fabricación y demás documentos técnicos en los cuales se sustentan los requisitos del diseño de origen del vehículo.
- 4.29 Escotilla.** Abertura en la parte superior de la carrocería para efectos de ventilación y salida de emergencia.
- 4.30 Estribo.** Escalón para subir o bajar de un vehículo.
- 4.31 Fabricante del vehículo.** Persona natural o jurídica responsable de la fabricación del vehículo bajo los requisitos del diseño original.
- 4.32 Freno auxiliar.** Facilita al conductor reducir la velocidad del vehículo de forma gradual, cumpliendo la función de asistir al freno de servicio.
- 4.33 Freno de parqueo.** Permite que un vehículo se mantenga detenido por medios mecánicos, incluso en una calzada en pendiente y sobretodo sin la presencia del conductor.
- 4.34 Freno de servicio.** Facilita al conductor reducir la velocidad del vehículo de forma gradual, durante su funcionamiento normal o detenerlo.

4.35 Grada. Elemento de la carrocería formado por una serie de peldaños diseñado para el ingreso y salida de pasajeros.

4.36 Importador del vehículo. Persona natural o jurídica responsable de la importación de vehículos para utilización propia o para comercializar.

4.37 Huella. Plano horizontal del peldaño.

4.38 Longitud de un vehículo. La distancia total entre los puntos extremos del vehículo en el eje longitudinal (incluido los parachoques).

4.39 Mampara. Panel vertical de separación.

4.40 Pasajero. Persona que hace uso del servicio de transporte público o privado.

4.41 Peatón. Es la persona natural que circula a pie por sus propios medios o las personas con discapacidad que transiten con ayuda de artefactos especiales manejados por ellos o por terceros.

4.42 Peldaño. Cada una de las partes de un tramo de grada que sirve para apoyar el pie al subir o bajar de ella.

4.43 Piso. La parte de la carrocería en la que reposan los pies de los pasajeros sentados y los del conductor, así como los soportes de los asientos.

4.44 Salidas de emergencia. Ventanas laterales, puertas o cualquier otro medio de fácil y rápido desprendimiento o apertura desde el interior del vehículo, a ser usados en circunstancias excepcionales para salida de los ocupantes en casos de peligro.

4.45 Servicio. Resultado generado por actividades en la interrelación entre el proveedor y el cliente y por actividades internas del proveedor, con el fin de responder a las necesidades del cliente.

4.46 Ancho máximo del chasis. Dimensión exterior entre las ruedas posteriores.

4.47 Vista secundaria. Visión libre de obstáculos.

4.48 Vista total. Visión libre de obstáculos con excepción del parante central del parabrisas y los parantes del frente del vehículo.

5. REQUISITOS

5.1 Arrancabilidad en pendiente

Los vehículos de transporte interprovincial, intraprovincial e intrarregional deben cumplir con el ensayo de arrancabilidad establecido en el Anexo C.

5.2 Capacidad de aceleración en plano

El tren motriz debe tener la potencia, torque y relación de transmisión necesarias que le permita alcanzar una velocidad mínima de 40 km/h, partiendo de una condición de reposo y en una superficie plana, en un lapso de 22,5 s a Peso Bruto Vehicular (PBV). El ensayo debe realizarse de acuerdo al Anexo B.

5.3 Niveles de emisión

Los niveles máximos permitidos de emisión de gases deben cumplir con lo establecido en las NTE INEN 2204, NTE INEN 2207 y según el método establecido en la NTE INEN 2202.

5.4 Sistemas de escape

El vehículo no debe tener alteraciones con respecto a lo especificado por el fabricante en el manual de fabricación y montaje de carrocerías, su diseño debe ser de una sola salida sin la apertura de orificios u otros ramales de la tubería de escape, no debe disponer de cambios de dirección bruscos, evitando de esta manera incrementar la contrapresión en el escape del motor. La salida debe estar ubicada en la parte posterior o lateral izquierda inferior fuera de la carrocería.

5.5 Chasis

El diseño del bastidor debe ser para transporte de pasajeros, con las modificaciones, aditamentos o extensiones que estén permitidas en el manual de fabricación y montaje de carrocerías que sean autorizados por el fabricante. El manual de fabricación y montaje de carrocerías debe estar en idioma español.

En los buses el motor debe estar ubicado en la parte frontal avanzada o en la parte posterior del vehículo. En los minibuses el motor puede estar ubicado sobre el eje delantero, frontal avanzado o en la parte posterior.

5.5.1 Capacidad del bastidor

Debe disponer de una capacidad máxima de pasajeros, de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Tránsito de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento de aplicación.

5.5.2 Dirección

El vehículo debe tener un sistema de dirección asistida, la cual no debe ser modificada del diseño original del fabricante.

5.5.3 Frenos

Los sistemas de frenos para servicio y parqueo deben respetar los diseños originales del fabricante y serán independientes entre sí y estarán compuestos por los siguientes subsistemas:

- Frenos de servicio. Para bus y minibus deben ser neumáticos o hidroneumáticos.
- Freno de parqueo. Debe ser de activación independiente al de servicio. Para bus debe ser neumático y para minibus puede ser neumático o mecánico.
- Tanto minibus como bus deben contar con un sistema de frenos auxiliar.

5.5.4 Suspensión

La suspensión no debe ser modificada del diseño original del fabricante y debe ser adecuada para el transporte de pasajeros.

5.5.5 Neumáticos

Los neumáticos deben cumplir con lo establecido en la NTE INEN 2099.

5.6 Carrocería

Los materiales de la estructura del vehículo deben ser perfiles y tubería estructural protegido contra la corrosión que cumplan con NTE INEN 2415 y la NTE INEN 1623.

Las carrocerías de minibuses y buses de transporte mencionados en esta norma deben cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 1323.

Se puede construir el conjunto chasis-carrocería por una estructura autoportante. Dicha estructura debe garantizar características de solidez, resistencia y seguridad, obedeciendo siempre los requisitos de esta norma.

5.6.1 Sistema eléctrico

Los cables y los aparatos eléctricos deben resistir las condiciones de temperatura y de humedad a las que están expuestos, además los cables deben estar aislados. En el compartimiento del motor se prestará particular atención a su resistencia a la temperatura ambiente, a los vapores y al aceite.

Ningún cable o circuito eléctrico podrá ser utilizado para conducir una corriente de intensidad superior a la de diseño, evaluando además su forma de montaje y la temperatura ambiente máxima.

Todo circuito eléctrico que alimente algún aparato distinto del motor de arranque, el circuito de encendido, las bujías de precalentamiento, el dispositivo de apagado del motor, el circuito de carga y la batería, deben estar protegidos por un fusible o su equivalente. Sin embargo, circuitos que alimenten aparatos de bajo consumo pueden protegerse por un fusible común o su equivalente siempre que su intensidad nominal no pase de 16 A.

Se debe garantizar que todos los componentes en cualquier circuito estén diseñados para el voltaje con el cual van a trabajar, y considerar que el fusible o su equivalente son los elementos que menos intensidad deben resistir dentro del circuito.

Todos los cables deben estar protegidos y fijados sólidamente de tal forma que no puedan ser dañados por corte, abrasión o rozamiento.

Cuando la tensión exceda los 100 voltios RMS en uno o varios circuitos eléctricos del vehículo, un cortacircuitos de mando manual que permita desconectar todos estos circuitos del circuito principal de alimentación eléctrica debe actuar sobre cualquier polo, de un circuito que no esté conectado a tierra; este cortacircuitos no podrá desconectar el o los circuitos de alimentación de las luces exteriores obligatorias del vehículo, y estará situado en el interior del vehículo en lugar accesible para el conductor.

Deberán existir, por lo menos, dos circuitos de alumbrado interior de manera que el fallo de uno no afecte al funcionamiento del otro. Puede considerarse como uno de estos circuitos, el circuito independiente que suministra energía al alumbrado permanente de la entrada y la salida.

La instalación eléctrica de la carrocería debe atender las indicaciones del fabricante del chasis.

Todo cable eléctrico que pase por un orificio debe tener fijación que impida su movimiento y el orificio debe tener la protección adecuada para impedir que el cable no sufra daños por cortaduras o desgaste.

5.6.2 Baterías

El compartimiento para baterías debe estar separado de los compartimientos de pasajeros, conductor y equipaje, y debe estar ventilado desde el exterior.

Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles para su mantenimiento.

5.6.3 Uniones chasis-carrocería

Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías.

5.6.4 Dimensiones externas del vehículo

a) Largo total del vehículo

El largo total del vehículo debe cumplir lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Largo total del vehículo

Tipo de vehículo	Número de ejes	Largo total mm
Bus	De dos ejes	10 250 a 13 300
Bus	De tres ejes o más	10 250 a 15 000
Minibús	De dos ejes	Máximo 10 000

b) Ancho total del vehículo

La carrocería del bus y minibús no debe sobresalir en más de 75 mm a cada lado con respecto al ancho máximo del chasis, el ancho máximo del vehículo debe ser 2600 mm medidos en las partes más salientes de la estructura.

c) Altura total del vehículo

La altura total máxima de los vehículos referidos en esta norma técnica se encuentra en la tabla 2.

TABLA 2. Altura total máxima

Tipo de vehículo	Altura total máxima
Bus	3800 mm
Minibús	3300 mm

La medición de la altura total del vehículo debe realizarse entre la calzada y el techo de la carrocería, sin tomas de ventilación superior.

d) Voladizo delantero y posterior

Los voladizos delantero y posterior deben cumplir lo establecido en la tabla 3.

TABLA 3. Voladizo delantero y posterior

Tipo de vehículo	Voladizo delantero mm	Voladizo posterior máximo
Bus	2000 a 2900	66% de la distancia entre ejes
Minibús	800 a 2400	66% de la distancia entre ejes

El voladizo delantero se mide entre el eje delantero y el extremo final de la carrocería frontal.

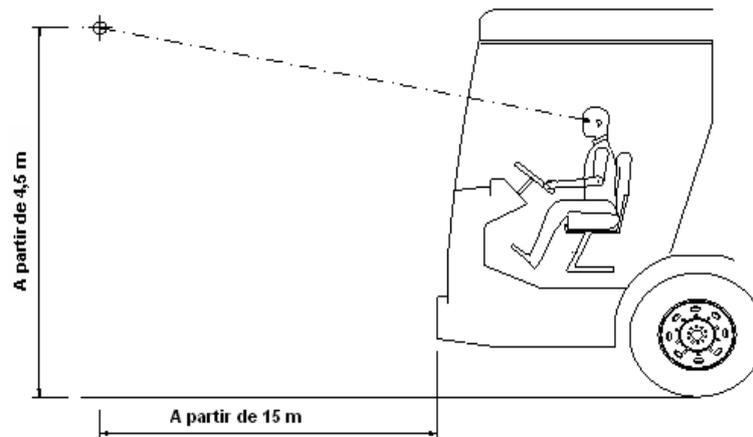
El voladizo posterior se mide entre el eje trasero y el extremo final de la carrocería posterior.

5.6.5 Visibilidad del conductor

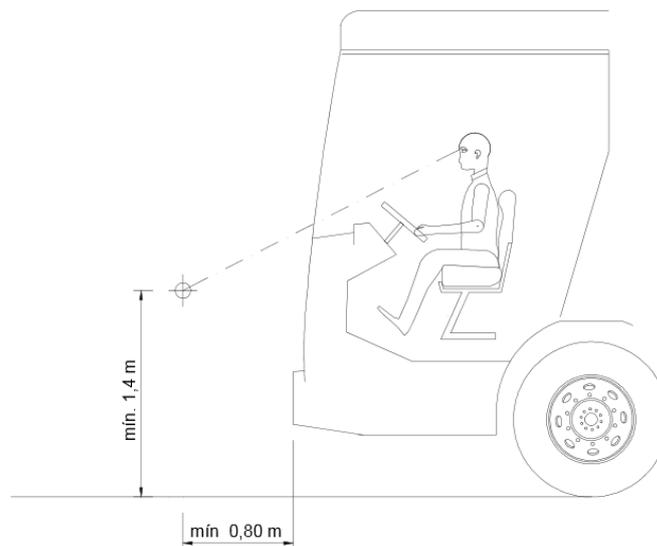
Los ángulos de visibilidad se deben medir con el asiento en la posición de operación del conductor.

El puesto del conductor debe tener las siguientes zonas de visibilidad directa:

- Zona de visibilidad frontal superior: debe permitir identificar un objeto situado a 15 m delante del vehículo y a 4,5 m de la calzada (ver figura 1).

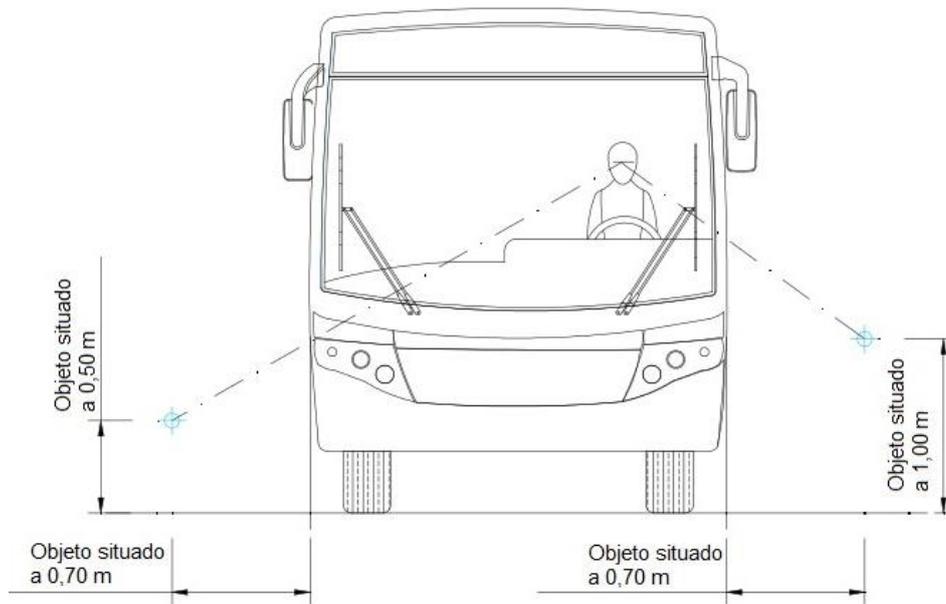
FIGURA 1. Visibilidad frontal superior del conductor

- Zona de visibilidad frontal inferior: debe permitir identificar un objeto situado a 0,8 m delante del vehículo y a 1,4 m de la calzada (ver figura 2).

FIGURA 2. Visibilidad frontal inferior del conductor

- Zona de visibilidad lateral izquierda: debe permitir observar un objeto situado a 0,7 m al lado izquierdo del vehículo y a 1 m de la calzada, medido a la ubicación paralela del conductor (ver figura 3).

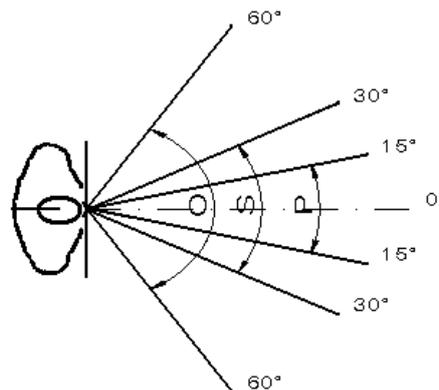
FIGURA 3. Visibilidad lateral izquierda y derecha del conductor



- Zona de visibilidad lateral derecha debe permitir observar un objeto situado a 0,7 m al lado derecho del vehículo y a 0,5 m de la calzada (ver figura 3).
- Zona de visibilidad frontal horizontal. De acuerdo con la figura 4.

La totalidad de la zona de visibilidad (campo visual) del parabrisas y la zona comprendida en la vista secundaria debe estar libre de todo obstáculo que impida la visibilidad del conductor. El único obstáculo que se permite en la zona de visibilidad es el parante central del parabrisas y los parantes del frente del vehículo.

FIGURA 4. Zona de visibilidad frontal horizontal



En caso de no cumplir con cualquiera de las zonas de visibilidad, estas se deben garantizar por medio de espejos o cualquier otro dispositivo.

5.6.6 Ventanas

Todos los vidrios de las ventanas y parabrisas deben ser de seguridad para uso automotriz, con un espesor mínimo de 4 mm y que cumplan los requisitos establecidos en la NTE INEN 1669.

Todas las ventanas deben estar provistas de cortinas.

a) Ventanas del conductor

Con posibilidad de observar la parte baja en el exterior lateral izquierdo. La ventana debe abrirse por lo menos en un 30% de su ancho, el marco de la ventana debe estar sujeto a la carrocería.

b) Ventanas de los usuarios

Pueden ser individuales o dobles (panorámicas), fijas o corredizas; (la parte corrediza tendrá una manilla o tirador y la apertura de la ventana debe ser entre el 30% y el 60% del área total de la ventana), deslizantes y con cierre hermético. Todos los vidrios de las ventanas deben ser de seguridad para uso automotriz, con un espesor mínimo de 4mm y que cumplan los requisitos establecidos en la NTE INEN 1669 vigente.

El marco de la ventana debe estar sujeto sobre la estructura de la carrocería.

La altura máxima debe ser 1000 mm.

5.6.7 Parachoques frontal y posterior

Los parachoques frontal y posterior no deben sobresalir de la carrocería en más de 300 mm y debe contar con elementos de sujeción que aseguren la absorción de impactos. La parte delantera inferior del parachoques delantero estará a una altura máxima de 500 mm desde la calzada y, la parte posterior inferior del parachoques posterior estará a una altura máxima de 600 mm desde la calzada.

Se prohíbe el uso de elementos de defensa adicionales (tumbaburros, aumentos a parachoques originales, ganchos o bolas portaremolques no removibles que sobresalgan de la carrocería).

5.6.8 Puertas de ingreso y salida

El accionamiento de las puertas debe efectuarse desde el puesto del conductor, a través de sistemas mecánicos y/o servomecánicos (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.).

a) Puertas de ingreso y salida de pasajeros

Las puertas de ingreso y salida de uso de pasajeros deben estar en el lado derecho del vehículo.

El acceso a las puertas debe ser libre y no estar bloqueado por asientos, ni asideros intermedios. Se permite el uso de un asiento retráctil para el acompañante que no afecte al tránsito de los usuarios. El asiento debe estar ubicado en el sentido de la marcha del vehículo.

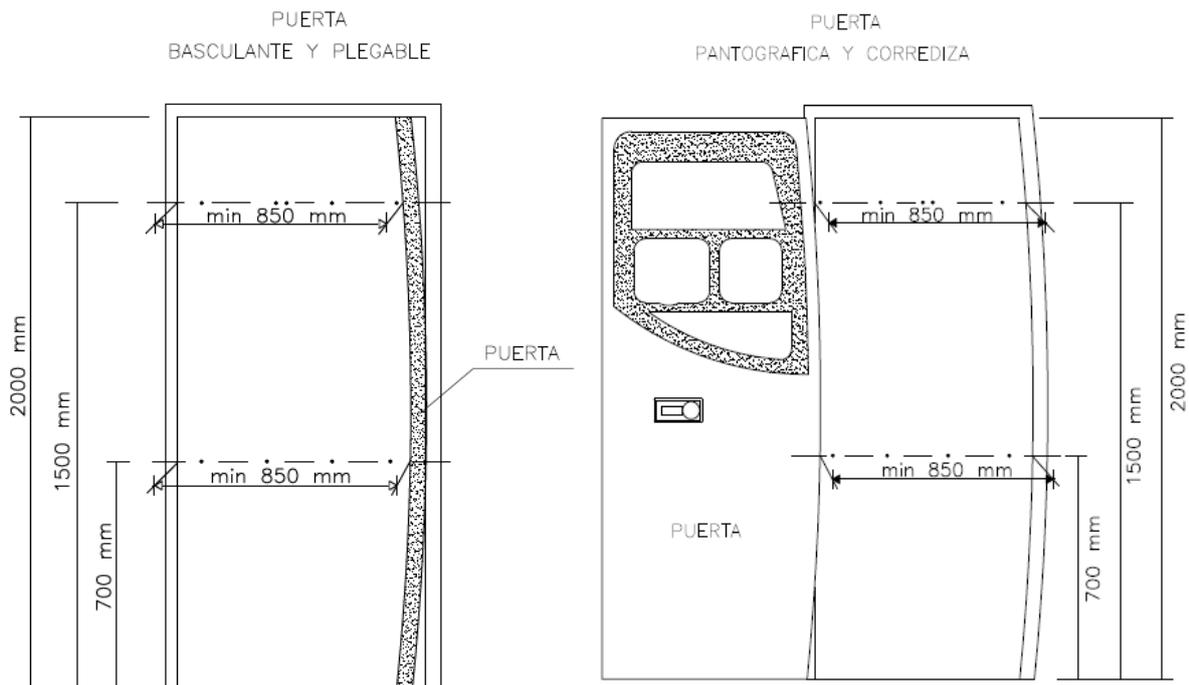
Cuando el vehículo esté en movimiento, las puertas no deben abrirse desde el interior del vehículo. De igual manera cuando el vehículo se encuentre detenido y al menos una puerta esté abierta, el vehículo no podrá moverse. En situaciones de emergencia, las puertas serán abiertas de forma manual desde el exterior o el interior del vehículo.

Las dimensiones de la puerta deben cumplir lo establecido en la tabla 6.

TABLA 6. Dimensiones de las puertas de ingreso y salida de pasajeros

Tipo de vehículo	Ancho libre mínimo mm	Altura mínima desde el estribo mm
Bus	850	2000
Minibús	850	2000

NOTA: El ancho libre debe ser medido a una altura entre 700 y 1500 mm.

FIGURA 5. Dimensiones de las puertas para bus y minibús**b) Materiales**

La estructura de las puertas debe ser de acero o aluminio. De utilizarse vidrios, estos deben cumplir la NTE INEN 1669.

c) Posición de las puertas de ingreso y salida de pasajeros

La puerta de entrada y salida de pasajeros debe ubicarse en el lado derecho del vehículo delante del eje delantero; en el minibús con motor sobre el eje delantero se ubicará entre ejes. En el caso del servicio de transporte intraprovincial, los buses y minibuses pueden disponer de una segunda puerta, esta se ubicará entre ejes o en el voladizo posterior.

d) Puerta de ingreso del conductor

Los vehículos de transporte público de pasajeros interprovincial deben tener una puerta de ingreso solo para el conductor, la misma que debe estar colocada en la parte izquierda junto a la posición del conductor con un ancho mínimo de 550 mm, que sea fácil de abrir desde el interior y desde el exterior del vehículo cuando este se encuentre parado. No obstante, este requisito no debe interpretarse como excluyente de la posibilidad de bloquear la puerta desde el exterior, con la condición de que pueda abrirse siempre desde el interior usando un sistema normal de apertura. Esta puerta podrá utilizarse como salida de emergencia.

5.6.9 Salidas de emergencia

De las ventanas para los usuarios, al menos dos por cada lateral deben funcionar como salidas de emergencia, las mismas no deben ser contiguas y deben tener un dispositivo que permita destruir o desprender fácilmente las ventanas y expulsarlas hacia afuera del vehículo desde su perfil. Dicho dispositivo debe permanecer sujeto a la carrocería, aún luego de haber sido usado. Las ventanas de emergencia, una vez accionado su mecanismo de funcionamiento (de vidrios destruibles, expulsable, basculante) deben ofrecer una superficie mínima de $0,4 \text{ m}^2$, en esta superficie será posible inscribirse un rectángulo de 500 mm x 700 mm.

El número mínimo de salida de emergencia debe estar de acuerdo a lo indicado en la NTE INEN 1323 vigente.

5.6.10 Ventilación

a) Ventilación con escotillas

Para efectos de ventilación, el vehículo debe contar con escotillas, para bus debe disponer de mínimo dos ubicadas distantes una de otra, al menos 2000 mm, y mínimo una para minibús. Las escotillas deben ser de tapa hermética con abertura superior parcial y con un área total mínima de 0,35 m². Las escotillas deben tener un dispositivo de salida de emergencia. En caso de emergencia estas no deben bloquear la vía de salida de escape.

b) Ventilación delantera

Todos los vehículos mencionados en esta norma deben disponer de un sistema que evite la condensación (empañado) en los parabrisas.

5.6.11 Portaequipajes

Los vehículos descritos en esta norma deben disponer de compartimientos cerrados independiente de la cabina de los pasajeros, con acceso por la parte externa del vehículo, para el transporte de equipaje de los pasajeros.

El volumen mínimo de los portaequipajes será el que resulte de considerar un coeficiente de ocupación promedio igual a una décima de metro cúbico (0,1 m³) por pasajero sentado.

Los portaequipajes deben ser herméticos y de características constructivas que impidan la entrada de polvo, agua y gases provenientes de la combustión. Las puertas de acceso deben también estar equipadas con dispositivos de seguridad que eviten su apertura accidental durante la marcha del vehículo.

Los elementos auxiliares del vehículo como rueda de emergencia, herramientas, etc., deben colocarse por separado del equipaje de los pasajeros. Si eventualmente estos componentes estuvieran en el interior del portaequipajes, este debe portar un panel divisorio que impida el contacto con el equipaje.

Se prohíbe la instalación de parrillas en la parte superior de la carrocería.

5.6.12 Dimensiones interiores

a) Altura interna del vehículo

La altura mínima en el corredor central medido en el eje central longitudinal del vehículo debe ser 1900 mm para bus y minibús.

b) Altura piso – borde inferior de la ventana

La altura mínima desde el piso al borde inferior de la ventana debe ser de 700 mm.

5.7 Distribución interna

5.7.1 Áreas interiores

a) Ingreso y salida de pasajeros

La estructura de soporte de los peldaños tiene que conformar una caja indeformable. Las cajas de los peldaños de las puertas de ingreso y salida no presentarán características específicas en cuanto a su forma y dimensiones, lo mismo ocurrirá con los estribos y los escalones. Estos, además de ser resistentes y de tener superficies antideslizantes, deben obedecer a formas y

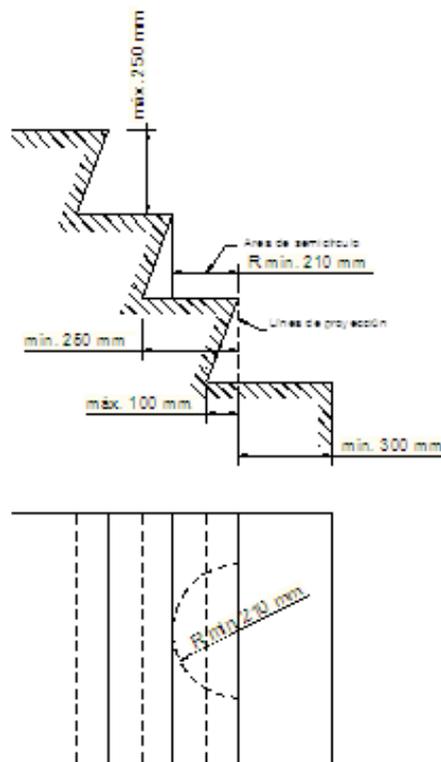
dimensiones que admitan, en su superficie horizontal, la inscripción de un semicírculo de radio mínimo de 210 mm y perpendicular a la dirección de ingreso y salida. La proyección del borde del peldaño superior sobre la superficie del inferior no podrá invadir el área de dicho semicírculo (ver figura 6).

La huella en el primer peldaño debe permitir la inscripción de un semicírculo de radio mínimo de 300 mm y perpendicular a la dirección de ingreso y salida. Para el escalón retráctil, la huella debe ser mínimo de 210 mm, el escalón retráctil debe tener esquinas redondeadas de radio de 50 mm como mínimo.

La contrahuella de los peldaños interiores debe tener una altura máxima de 250 mm.

La altura máxima medida desde el nivel de la calzada hasta la parte superior del peldaño inferior debe ser de 450 mm. Se permite adicionalmente el uso de un escalón retráctil por debajo de esta altura. Si la altura máxima medida desde el nivel de la calzada hasta el peldaño inferior es superior a 450 mm e inferior a 500 mm, el uso de escalón retráctil por debajo de esta altura es obligatorio. El escalón retráctil debe activarse conjuntamente con la puerta, y no se cerrará cuando un pasajero se encuentre sobre el escalón.

FIGURA 6. Dimensiones de los peldaños

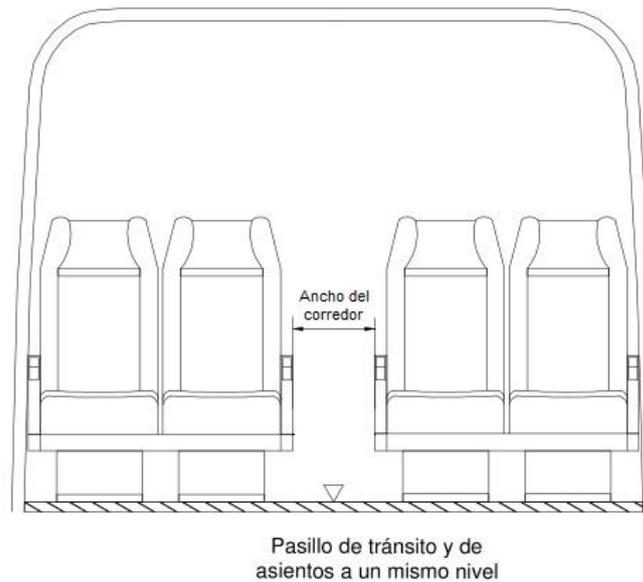


b) Área de circulación de pasajeros

El material de recubrimiento de la superficie de las áreas de circulación y de entrada y salida de pasajeros debe ser antideslizante y resistente al tráfico.

Las áreas de ingreso y salida de pasajeros constará de mínimo un asidero interior anclado firmemente en la carrocería (tipo pasamano).

El piso del habitáculo de pasajeros debe estar a un mismo nivel que el pasillo de tránsito. Para el caso de vehículos con motor posterior, se permite un desnivel en la última fila y debe cumplir con los requisitos de asientos para pasajeros (ver figura 7).

FIGURA 7. Pasillo de tránsito

c) Área de conducción

c.1) Panel de conducción

El panel de instrumentos debe estar ubicado en la parte frontal izquierda del interior del vehículo donde el tablero de instrumentos se encuentra en el campo de visión del conductor, a una distancia de aproximadamente 700 mm, en el que los instrumentos o indicadores de alerta deben estar dentro de un ángulo horizontal de visión de 30°.

Los instrumentos de control y mando, velocímetro, odómetro, manómetro doble de presión de los frenos (no aplica en caso de sistema hidráulico), indicador de combustible, y presión de aceite del motor, termómetro para indicar la temperatura del agua del sistema de refrigeración, tacómetro, mandos neumáticos o eléctricos para puertas, luces de alarma de insuficiencias de cada sistema.

c.2) Asiento del conductor

El asiento del conductor debe ser de tipo ergonómico, regulable en los planos vertical y horizontal (longitudinal), deberá estar ubicado frente al panel de conducción. No debe tener asientos al lado izquierdo.

El asiento debe tener 450 mm de ancho mínimo, profundidad mínima de 450 mm y la altura del espaldar mínima debe ser de 500 mm.

Los recorridos de ajuste del asiento deben ser verticales entre 400 mm y 550 mm; horizontales con una carrera mínima de 120 mm. La inclinación del espaldar debe estar entre 90° y 110° con respecto a la parte horizontal del asiento. Todos estos ajustes deben ser fácilmente realizables por un conductor de peso medio de 70 kg y los mandos de ajuste deben estar al alcance de sus brazos. La base del asiento debe estar firmemente anclada a la estructura del piso de la carrocería. Para el minibus con motor sobre el eje delantero se excluye el recorrido vertical.

Los asientos para el conductor principal y el alterno deben tener apoyacabezas y cinturones de seguridad autotensables de 3 puntos que cumplan con lo establecido en la NTE INEN 2675.

Los asientos de conductor y conductor alterno deben cumplir lo establecido en la NTE INEN 2704.

d) Mamparas

Se instalará una mampara en las zonas en que un viajero sentado pueda ser proyectado hacia adelante, hacia una caja de escalera o hacia el asiento del conductor como consecuencia de una fuerte desaceleración. Para los vehículos de transporte intraprovincial deben colocarse mamparas de protección para los pasajeros ubicados delante de los asientos situados detrás del asiento del conductor y delante de los asientos ubicados inmediatamente después de las cajas de peldaños. En la mampara ubicada en las proximidades de las gradas deben colocarse pasamanos. Las mamparas deben tener las siguientes dimensiones mínimas:

- Distancia mínima de los asientos a la mampara: 300 mm (ver figuras 8 y 9).
- La protección debe tener una altura mínima de 700 mm por encima del piso sobre el cual reposan los pies del viajero y se extenderá hacia el interior del vehículo a partir de la pared, como mínimo 100 mm en dirección al pasillo del eje longitudinal de cualquier asiento en el cual un viajero esté expuesto a este riesgo, o hasta la contrahuella del primer escalón si esta distancia es más corta.

FIGURA 8. Disposición de la mampara detrás del conductor

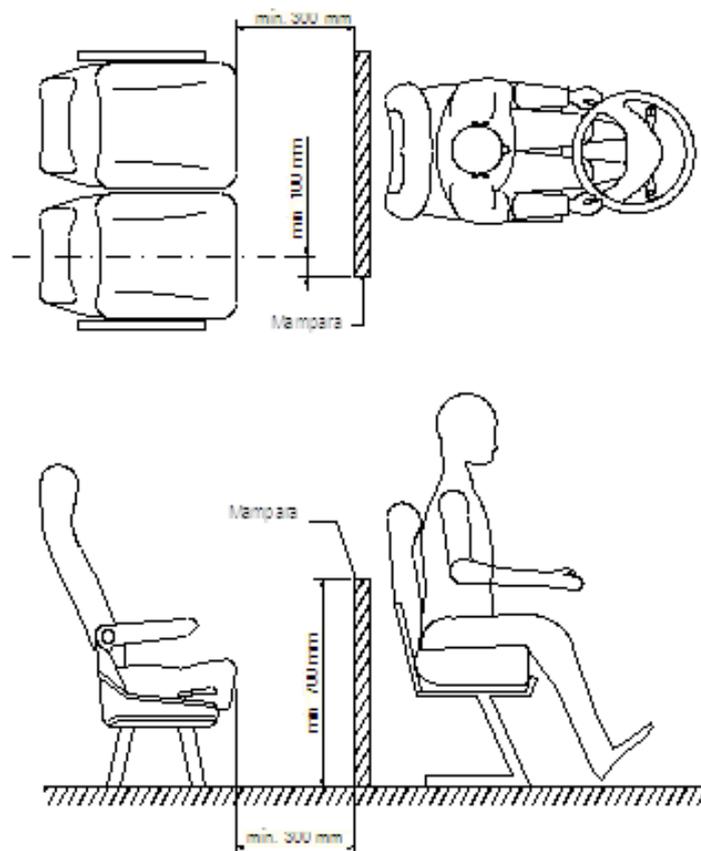
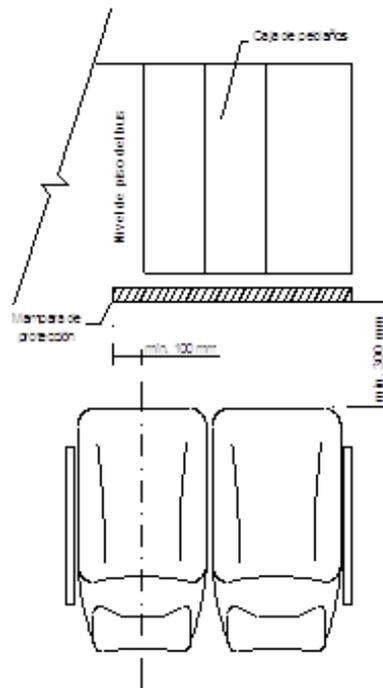


FIGURA 9. Disposición de la mampara detrás de la caja de peldaños (puerta posterior de vehículos intraprovinciales)



e) Cabina del conductor

Los vehículos de transporte interprovincial e intrarregional deben tener una división entre el habitáculo del conductor y de los pasajeros, la misma que estará constituida de una parte superior con vidrio de seguridad que cumpla con la NTE INEN 1669, la parte inferior podrá estar constituida de material sólido hasta una altura mínima de 700 mm, con puerta de acceso al habitáculo de pasajeros (ver figura 10).

No se permite la utilización de cortinas, películas polarizadas u otro material similar en la división entre el habitáculo del conductor y los pasajeros.

Los vehículos que posean cabina de conducción independiente de la zona de pasajeros pueden tener máximo un asiento para acompañante y se prohíbe la instalación de literas.

En ningún caso, la altura entre el borde superior del asiento del conductor o acompañantes, en su posición normal de trabajo, a ningún punto del techo de la cabina, podrá ser menor a 900 mm.

FIGURA 10. Cabina del conductor

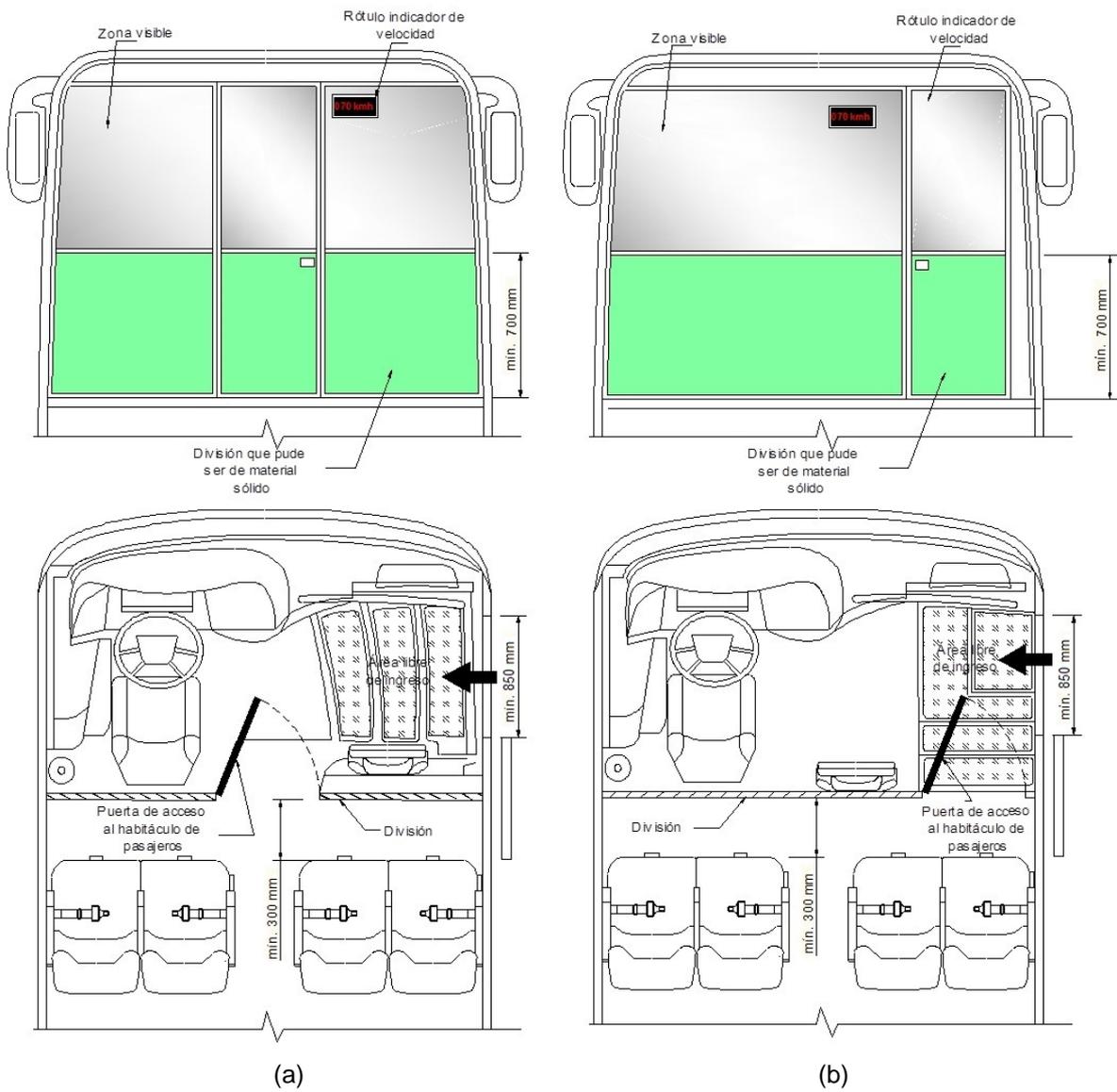
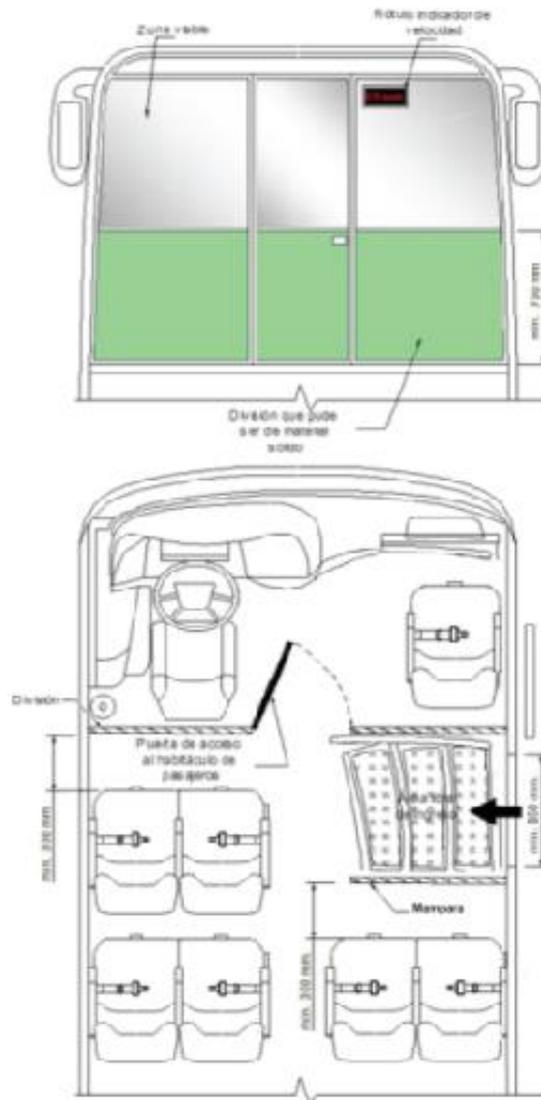


FIGURA 10. Continuación



(c)

Leyenda

- (a) Disposición para vehículos con motor posterior
- (b) Disposición para vehículos con motor frontal avanzado
- (c) Disposición para motor sobre eje delantero

f) Asientos para pasajeros

Deben ser fijos a la carrocería y estar dispuestos según el eje longitudinal del vehículo en el sentido de marcha o viceversa, de tal forma que se proporcione la mayor seguridad y confort a los pasajeros, respetando los diseños de los fabricantes del vehículo o chasis para la distribución de las cargas a los ejes del vehículo.

Los asientos de los pasajeros y sus anclajes deben cumplir con lo establecido en la NTE INEN 2708.

Deben disponer de al menos un apoyabrazos individual abatible, ubicado en el extremo del asiento adjunto al corredor central. El apoyacabezas del asiento puede ser integral al asiento.

Deben disponer de cinturones de seguridad mínimo de dos puntos. En el caso de que contengan asideros y/o accesorios en la parte posterior de los espaldares, se debe utilizar cinturones de

seguridad de tres puntos. Los cinturones de seguridad deben cumplir con la NTE INEN 2675 y NTE INEN 2704.

Los vehículos poseerán dos hileras de hasta dos asientos individuales, la última fila dispondrá de máximo 5 asientos, de las siguientes dimensiones:

- Profundidad mínima: 420 mm para buses intraprovinciales y 450 mm para buses intrarregionales e interprovinciales;
- Ancho libre mínimo del asiento: 400 mm para intraprovincial y 450 mm para intrarregional e interprovincial;
- Altura desde el piso a la base del asiento entre 400 mm y 500 mm;
- Distancia entre asientos medidas a una altura de 620 mm desde el piso con los asientos en posición normal, debe ser para bus interprovincial e intrarregional mínimo de 720 mm y para bus intraprovincial mínimo de 680 mm (ver figuras 11 y 12);
- Posiciones de reclinación mínima: dos, con un ángulo mínimo de 12° y $30^\circ \pm 2^\circ$ para intraprovincial, y 12° y $40^\circ \pm 2^\circ$ para interprovincial e intrarregional;
- Altura total del respaldo del asiento incluido el apoyacabezas: mínima 700 mm.

FIGURA 11. Asientos de los pasajeros para bus intrarregional e interprovincial

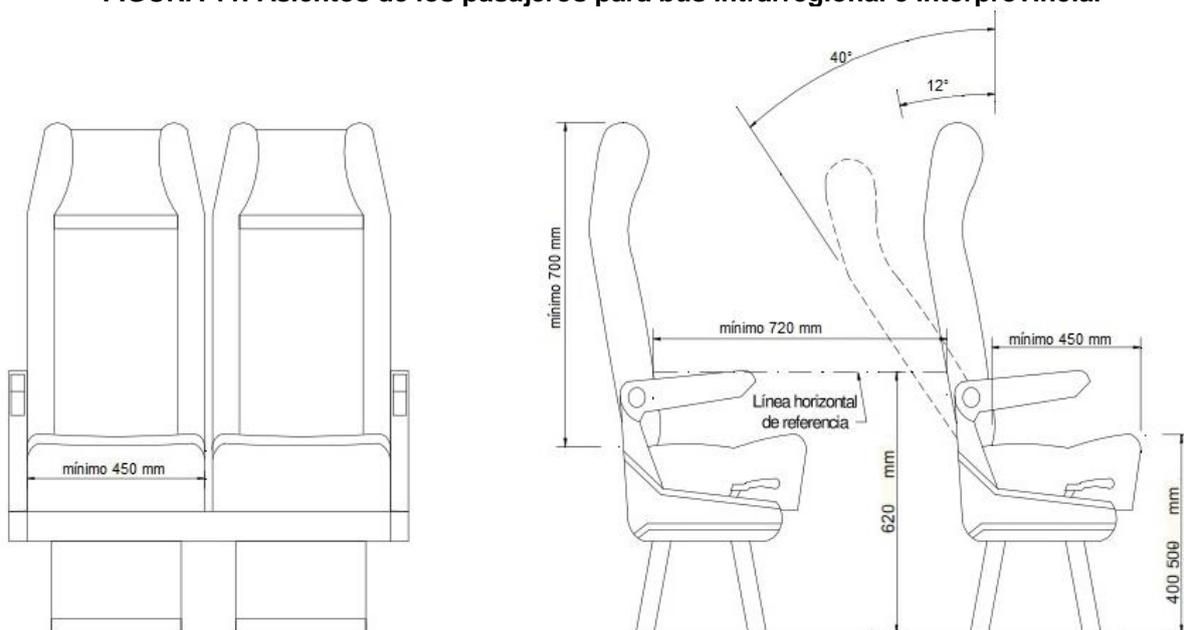
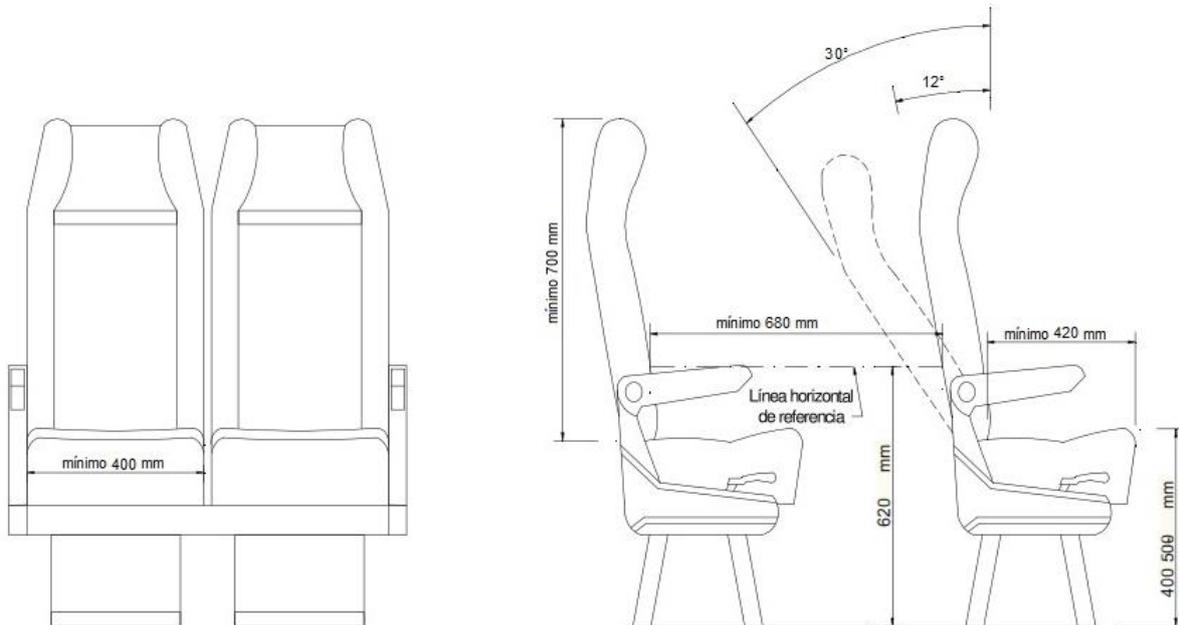


FIGURA 12. Asientos de los pasajeros para bus intraprovincial

Los asientos no deben tener aristas o protuberancias de ninguna índole que puedan lastimar o golpear a los pasajeros.

Los materiales de los asientos deben ser de tipo blando, acolchados y tapizados.

Los asientos de los vehículos interprovinciales e intrarregionales deben estar dotados de apoyapiés, los asientos deben estar identificados a través de números ordinales y/o letras, excluyéndose las del conductor y acompañante, numerándose por filas a partir del asiento ubicado detrás del conductor junto a la ventana.

El número correspondiente y la identificación de cada asiento deben estar colocados en la parte superior del respaldo de los asientos, en los apoyabrazos o para mejor visibilidad, sobre las ventanillas o en los portapaquetes superiores.

En la parte posterior de los respaldos pueden estar colocadas mesas individuales y abatibles, porta revistas, que no excedan el ancho del respectivo respaldo.

g) Corredor central

Debe tener un ancho mínimo entre las partes exteriores más salientes de los asientos de 300 mm para vehículos interprovinciales e intrarregionales y 350 mm para vehículos intraprovinciales.

h) Asideros

En el ingreso y salida debe estar ubicado mínimo un asidero de una longitud suficiente y de fácil acceso para los pasajeros. Este asidero al cerrar la puerta debe quedar en la parte interior del bus. Además, los vehículos que presten el servicio interprovincial e intrarregional deben disponer de asideros en el pasillo.

Los vehículos intraprovinciales deberán contar con una red de asideros firmemente anclados a la carrocería. Los mismos no deberán obstaculizar la libre circulación de los pasajeros por las zonas de tránsito.

El material de los asideros debe ser del tipo estructural resistente a la corrosión, de fácil agarre, puede tener un recubrimiento de material lavable.

i) Porta paquetes

Los vehículos referidos en esta norma deben estar dotados en su interior en forma de estantes, en correspondencia con ambos paneles laterales del vehículo destinados a la colocación de paquetes pequeños y livianos.

La profundidad máxima del mismo estará medida horizontalmente y en sentido perpendicular al panel lateral de la carrocería, desde dicho panel y hasta el borde más saliente del porta paquetes, debe tener como máximo 800 mm.

Los porta paquetes deben estar dotados de bordes o inclinación hacia el interior del mismo, que evite la caída de paquetes durante la marcha normal del vehículo.

La altura de los porta paquetes, medida desde el piso de fijación de los asientos hasta su parte más baja, no debe ser menor a 1500 mm.

Los porta paquetes podrán disponer de iluminación individual para los pasajeros.

j) Visualización de puerta posterior

Los vehículos intraprovinciales con una puerta en la parte posterior deben disponer de un espejo convexo o una cámara que permita visualizar, desde la ubicación del conductor, la salida completa de los pasajeros.

k) Aviso de parada

Los vehículos intraprovinciales con puerta de salida de pasajeros en la parte posterior deben disponer de al menos dos dispositivos de aviso de parada. Estos deben estar ubicados adyacentes a la puerta a una altura de 1400 mm \pm 70 mm desde el piso.

5.8 Detalles exteriores

5.8.1 Iluminación

El vehículo debe contar con los equipos y dispositivos de iluminación interior y exterior que se establecen en la NTE INEN 1155.

5.8.2 Rótulo con el destino de viaje

El vehículo debe disponer de un rótulo de destino de viaje, el mismo que puede ser mecánico o electrónico, debe ser iluminado, con dimensiones mínimas de 600 mm de largo y 200 mm de alto. El rótulo se ubicará en la parte superior o inferior del lado derecho sobre el parabrisas frontal, de tal forma que no afecte a la visibilidad del conductor.

5.8.3 Avisador acústico

Se debe mantener el dispositivo original. No se admite bocinas de aire.

5.8.4 Rótulos de prohibición

Los rótulos deben ser de 120 mm de ancho y 180 mm de alto, en material adhesivo con fondo blanco, símbolo negro y orla diagonal de prohibición en rojo y estarán ubicados de tal forma que sean visibles para los pasajeros. De ser el caso, las instrucciones deben estar en idioma español.

5.8.5 Rótulo de salidas de emergencia

Las salidas de emergencia deben estar correctamente identificadas mediante un rótulo de material adhesivo de 100 mm de ancho y 150 mm de largo en fondo rojo y letras blancas. Como complemento debe existir otro rótulo de material adhesivo de idéntica medida con las instrucciones de salida de emergencia. El dispositivo de desprendimiento de ventanas o de parabrisas estará identificado y pintado de color rojo.

5.8.6 Recipiente de basura

Se deben colocar mínimo un recipiente de basura en el interior en una parte visible y al alcance de los pasajeros.

5.8.7 Aire acondicionado

Los vehículos pueden tener un sistema de aire acondicionado para el habitáculo. Se debe garantizar que los gases provenientes del sistema de combustión del vehículo no ingresen a su interior.

La renovación de aire debe ser uniforme por todo el interior del vehículo.

5.8.8 Calefacción

Podrán estar equipados con un sistema de calefacción. Se prohíbe la instalación de sistemas que funcionen con los gases de escape del motor.

5.8.9 Compartimientos especiales

En el caso de que los buses dispongan de compartimientos específicos para bar, camarote y cabina sanitaria, deben estar ubicados en zonas que no dificulten el desplazamiento y visibilidad frontal de los pasajeros, el libre tránsito en el pasillo, que no obstruyan los accesos a las puertas y zonas de emergencia.

a) Bar

En el caso de disponer de un bar, todos los equipamientos que lo componen deben fijarse y acondicionarse de manera de evitar desplazamientos durante la marcha del vehículo.

b) Cabina sanitaria

En el caso de disponer de cabina sanitaria, sus componentes deben estar ubicados en compartimientos herméticos, provistos de extractores de aire que funcionen durante el uso. El sistema de tratamiento y evacuación de desechos debe estar provisto de contenedores con capacidad suficiente para recoger y mantener higiénicamente los mismos.

La puerta estará dotada de cerradura que solamente en caso de emergencia pueda ser accionada por su lado exterior, sin afectar la comodidad y seguridad de los pasajeros, tanto para abrirla como para cerrarla.

La cabina sanitaria debe también estar dotada de señal luminosa que indique si está ocupado y contar con iluminación adecuada.

La cabina sanitaria debe contener, además del inodoro, un lavatorio, portapapeles y asideros en lugares adecuados. Las ventanillas correspondientes no podrán ser de vidrios transparentes.

El acceso al compartimiento sanitario no debe obstaculizar la circulación de los pasajeros por el pasillo central.

5.9 Elementos de seguridad y control

a) Dispositivo indicador de velocidad

Los vehículos deben disponer de un dispositivo indicador de velocidad, ubicado en el habitáculo de los pasajeros y en un lugar visible, de tal forma que se pueda identificar la velocidad con la que el vehículo se encuentra circulando. El dispositivo debe tener un avisador sonoro que debe actuar cada vez que el vehículo sobrepase los 90 km/h.

b) Extintor de incendios

Los vehículos deben disponer de un extintor de incendios de mínimo cuatro kilogramos de polvo químico seco de color rojo ubicado en un lugar accesible, acoplado con anillos metálicos o correas de sujeción de fácil desmontaje.

c) Triángulos de seguridad

Los vehículos deben disponer de mínimo dos triángulos de seguridad montables de material reflectivo con grado de alta intensidad o diamante color rojo y un mínimo de 500 mm por lado y de 40 mm de ancho de la franja.

d) Tacógrafo

De acuerdo a lo establecido según la autoridad competente.

e) Limitador de velocidad

El limitador de velocidad debe cumplir lo establecido en la NTE INEN 2712.

f) Rotulación

Todos los rótulos informativos, sean externos como internos de cualquier índole, deben estar escritos de forma clara y concisa en letras mayúsculas y en español.

5.9.1 Aislamientos y revestimiento interior

Los vehículos deben poseer, en el interior del techo, en las paredes laterales, frontal y posterior de la carrocería y en el compartimiento destinado al alojamiento del motor un sistema de aislamiento acústico y térmico de baja combustibilidad o retardadores de llama.

El nivel de ruido medido a una altura de 1,20 m sobre el nivel del piso del vehículo, en la posición del asiento del conductor, no podrá exceder de 88 dB con el vehículo detenido y el motor girando a 75 % del número máximo de revoluciones por minuto (rpm).

Con el motor funcionando a 75 % del número máximo de revoluciones por minuto (rpm) debe asegurarse un nivel máximo de ruido interior de 88 dB (A), a 1,20 m respecto del nivel del piso del pasillo de circulación interna, en cualquier punto de su extensión.

Las mediciones se efectuarán con todas las puertas y ventanas cerradas.

5.9.2 Inflamabilidad de los materiales

Todos los materiales utilizados en el interior del vehículo en los asientos como cojines, tapicería, forros, protecciones plásticas laterales y posteriores, soportes plásticos (si aplica), cinturones de seguridad, materiales utilizados en apoyabrazos y apoyapiés (si aplica), también los utilizados en el piso, techo, paredes y accesorios de los interiores de la carrocería como cortinas deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 100 mm/min, el ensayo debe realizarse de acuerdo con la norma ISO 3795.

5.9.3 Temperatura en el compartimiento de los pasajeros

El vehículo debe contar con los sistemas necesarios para garantizar una temperatura de confort según las condiciones climáticas de cada ciudad en el compartimiento de los pasajeros, donde no sea superior a 23 °C.

5.9.4 Protección posterior guardachoques para buses y minibuses con motor delantero

Los buses y minibuses con motor delantero deben estar contruidos o equipados de manera que ofrezcan en todo su ancho una protección eficaz a los vehículos de las categorías M1 y N1 que choquen por la parte posterior.

ANEXO A

MÉTODO DE ENSAYO PARA LOS REQUISITOS DIMENSIONALES

A.1 Principio

Verificar los diferentes requisitos dimensionales descritos en el capítulo 5 de la esta norma.

A.2 Equipo de ensayo

- Flexómetro,
- Decámetro,
- Calibrador pie de rey,
- Regla universal,
- Goniómetro,
- Medidor de presión de neumáticos.

A.3 Vehículo de ensayo

Se debe contar con un vehículo completamente equipado de acuerdo con las especificaciones del fabricante y se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

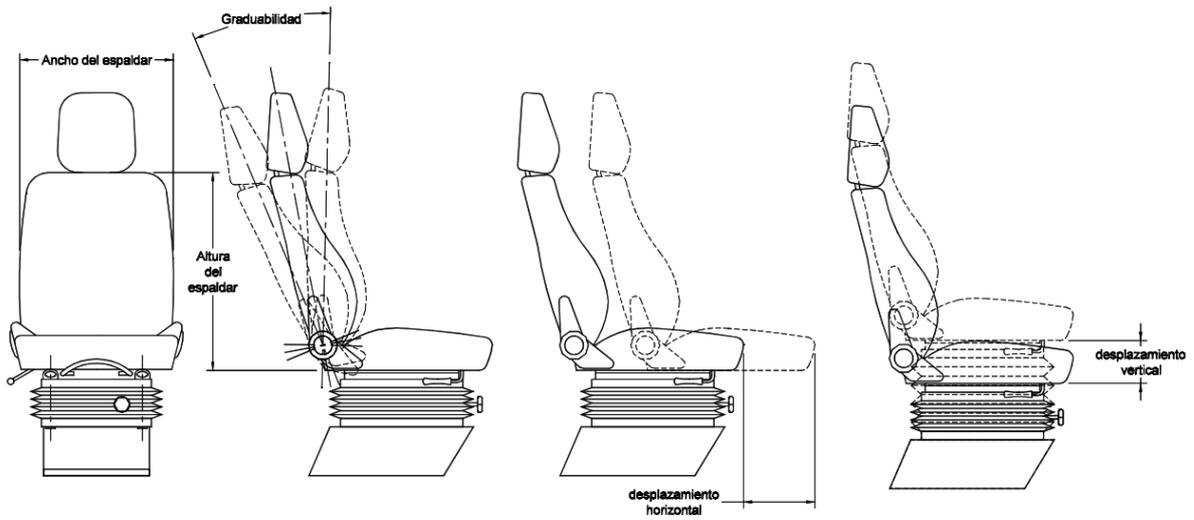
- Se debe limpiar todo el vehículo,
- Se debe verificar el nivel de fluidos del vehículo (aceite de transmisión, aceite del motor, refrigerantes y otros) y llenar a la máxima capacidad recomendada por el fabricante,
- Se debe inflar las llantas a la máxima presión recomendada por el fabricante,
- Se debe cargar el vehículo con su peso bruto vehicular.

A.4 Procedimiento

Se debe inspeccionar, constatar o medir los requisitos establecidos en el capítulo 5 de esta norma. A continuación, se describe el proceso de medición de algunos de los elementos del vehículo.

A.4.1 Medición de las dimensiones de la asiento del conductor

Las dimensiones establecidas en 5.7.1, c.2) se deben verificar de acuerdo con lo establecido en la figura A.1.

FIGURA A.1 Dimensiones de la silla del conductor**A.4.2 Medición de las dimensiones de los asientos para pasajeros**

Las dimensiones establecidas en 5.7.1, f) se deben verificar de acuerdo con lo establecido en las figuras 11 y 12.

ANEXO B

ENSAYO DE ACELERACIÓN EN PLANO

B.1 Principio

Determinar la capacidad de aceleración del vehículo.

B.2 Equipo de ensayo

Equipo de adquisición de datos con sensores de velocidad, distancia, tiempo y aceleración (quinta rueda manual, quinta rueda óptica, por ejemplo) instalado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de este instrumento.

B.3 Vehículo de ensayo

Se debe contar con un vehículo completamente equipado de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se debe verificar el nivel de los fluidos del vehículo (aceite de caja, aceite de motor, refrigerantes y otros) y llenar a la máxima capacidad recomendada por el fabricante.
- Se deben inflar las llantas a la máxima presión recomendada por el fabricante,
- Se debe cargar el vehículo con su peso bruto vehicular (PBV).

B.4 Ruta de ensayo

El lugar de ensayo debe ser una vía seca, recta, pavimentada y plana.

La longitud de la vía de ensayo debe ser suficiente para lograr acelerar al vehículo de 0 km/h hasta 40 km/h y poder operarlo y detenerlo con seguridad.

B.5 Procedimiento

Se inicia el ensayo con el vehículo en reposo, el motor en ralentí y la transmisión engranada.

Se acelera al máximo el vehículo hasta alcanzar la velocidad de 40 km/h.

Se registra el tiempo y la distancia necesarios para alcanzar la velocidad especificada.

Se deben registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada ensayo.

ANEXO C

ARRANCABILIDAD EN PENDIENTE

C.1 Principio

Determinar la capacidad de arrancabilidad en pendiente de un vehículo automotor.

C.2 Lugar de ensayo

El ensayo se realizará sobre un tramo de carretera o autopista cuya longitud sea tal que permita al vehículo desplazarse en sentido ascendente de forma estabilizada, y sin que se produzca deslizamiento de las ruedas.

La zona de ensayo debe ser de pavimento asfáltico o rígido con adecuadas condiciones de adherencia y será lo suficientemente recta.

La pendiente de la zona de ensayo debe ser como mínimo del 25 % entre dos puntos de la pendiente.

C.3 Condiciones meteorológicas

No se realizarán ensayo en tiempo de lluvia o con suelo muy mojado. Para ello deberán medirse, comprobarse y registrarse antes y durante el ensayo los parámetros límites los siguiente:

- Velocidad del viento: 3 m/s en cualquier dirección,
- Humedad relativo del aire: 95 %,
- Presión atmosférica: mínima 0,900 atm.

C.4 Equipos de ensayo

Los equipos necesarios para el ensayo de arrancabilidad son los siguientes:

- Termómetro de temperatura ambiente,
- Barómetro,
- Higrómetro,
- Anemómetro direccional,
- Brújula (en caso de no ser direccional el anemómetro).

Las mediciones se harán con un error de apreciación no superior al 1 %

C.5 Vehículo de ensayo

El motor debe estar funcionando en condiciones normales.

Deben estar en funcionamiento únicamente los equipos y accesorios necesarios para la operación del motor.

El vehículo debe estar cargado a su máximo PBV y con la distribución de cargas recomendada por el fabricante del chasis.

Los neumáticos deben ser los indicados por el fabricante y deben estar inflados a la presión recomendada.

Los lubricantes utilizados en el vehículo corresponderán a los del tipo normal recomendados por el fabricante en sus manuales para el modelo de vehículo a ensayar.

C.6 Ensayo

Con el vehículo cumpliendo las condiciones establecidas en C.5, sobre una pendiente de valor igual a lo especificado en C.2, debe realizarse un mínimo de tres ensayos consecutivos con un intervalo de un minuto como máximo entre cada ensayo, que permita comprobar que el vehículo es capaz de arrancar y desplazarse en sentido ascendente, partiendo de vehículo detenido en cada ensayo, hasta conseguir estabilizar su velocidad.

C.7 Resultados

Se hará constar el resultado obtenido en cada uno de los ensayos, indicando si el vehículo efectuó lo especificado en C.6.

APÉNDICE Z**BIBLIOGRAFÍA**

NTC 4901-2:2010, *Vehículos para el transporte urbano masivo de pasajeros. Parte 2: Métodos de ensayo*

NTC 5206:2009, *Vehículos para el transporte terrestre público colectivo y especial de pasajeros. Requisitos y métodos de ensayo*

PRTE INEN 043:2014, *Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial*

49 CFR 571 – *Federal Motor Vehicle Safety Standards Section 571.302, Flamability of interior materials. Octubre 2011*

Brasil, Resolução Nº 445, *Estabelece os requisitos de segurança para veículos de transporte público coletivo de passageiros e transporte de passageiros tipos micro-ônibus e ônibus, categoria M3 de fabricação nacional e importado. 08 de mayo de 2009*

Brasil, Resolução Nº 416, *Estabelece os requisitos de segurança para veículos de transporte de passageiros tipo micro-ônibus, categoria M2 de fabricação nacional e importado. 09 de agosto de 2012.*

Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 25 de junio del 2013, Registro Oficial Nº 731, Ecuador

LOTTTSV, *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, Ecuador*

UNE 26358:1988, *Vehículos automóviles. Prueba de arrancabilidad en pendiente*

RTE INEN 043:2010, *Bus interprovincial e intraprovincial*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE Código:
NTE INEN 1668 PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E 43.020
Primera revisión INTRAPROVINCIAL. REQUISITOS

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 1988-04-13 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 222 de 1988-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 948 de 1988-06-02 Fecha de iniciación del estudio: 2014-06-06
--	---

Fechas de consulta pública: 2014-08-06 al 2014-10-04

Comité Técnico de: **Vehículos de carretera**

Fecha de iniciación: 2014-10-30

Fecha de aprobación: 2014-11-05

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Alex Zapata (Presidente)	MIPRO
Sra. Silvia Santos	ALME
Ing. Patricia Cepeda Intriago	PATRICIO CEPEDA CIA LTDA.
Ing. Neris Zambonino	PATRICIO CEPEDA CIA. LTDA.
Ing. Geovanni Proaño	TEOJAMA COMERCIAL
Ing. Andrés Reyes	SUDACAM
Ing. Paúl Flores	MAVESA
Ing. Raúl Fernando Pico	MAVESA
Ing. Flavio Cotacachi	INSTITUCIÓN PRIVADA
Ing. Óscar Mayorga	AMBATOUR
Ing. Fabián Iza	AUSTRAL CIA LTDA.
Ing. Sebastián Cepeda	IMCE
Sr. David Garzón Paredes	ECUAYUTONG S.A.
Ing. Rainiero Reyna	ECUAYUTONG S.A.
Ing. Marcus Yuan	YUTONG S.A.
Sr. Fausto Sánchez	CARROCERÍAS ALVARADO
Tnlgo. Edgar Tubón	MEGABUSS
Ing. Fausto Lara	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
Dr. César Borja	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
Ing. Cristian Aingla	CCICEV
Ing. Edwin Morejón	VARMA S.A.
Ing. Piedad Aguilar	CANFAC
Ing. Johnny Altamirano	ECUABRASCO S.A.
Tnlgo. Víctor Hugo Cepeda	CEPEDA LTDA.
Ing. Juan Garzón	MIPRO
Ing. David Erazo (Secretario técnico)	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1668:2015 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 1668:1988

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 458 de 2015-03-13

Por Resolución No. 15077 de 2015-02-24

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Guayas: E-Mail: inenguayas@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Azuay: E-Mail: inencuenca@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2415:2013
Primera revisión

**TUBOS DE ACERO AL CARBONO SOLDADOS PARA
APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS GENERALES.
REQUISITOS**

Primera edición

CARBON STEEL PIPES WELDED STRUCTURAL APPLICATIONS AND GENERAL PURPOSES. REQUIREMENTS.

First edition

DESCRIPTORES: Tubos de acero, tubos soldados, requisitos, dimensionales, mecánicos, químicos.
MC 06.01-406
CDU: 691.714; 669.163
CIU: 3710 04
ICS: 77.140.75

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	TUBOS DE ACERO AL CARBONO SOLDADOS PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS GENERALES REQUISITOS	NTE INEN 2415:2013 Primera revisión 2013-04
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los tubos de acero al carbono tanto negros como galvanizados, conformados en frío, soldados (con costura) de sección circular, cuadrada, rectangular o especial para aplicaciones estructurales y usos generales.</p> <p>1.2 Esta norma contempla la tubería de hasta 250 mm de diámetro nominal y un espesor de pared de hasta 12 mm y todas las tuberías de sección cuadrada y rectangular.</p> <p style="text-align: center;">2. DEFINICIONES</p> <p>2.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>2.1.1 Colada. Lote de materia prima proveniente de la misma carga de fundición, con composición química y propiedades mecánicas iguales.</p> <p>2.1.2 Costura. Cordón longitudinal de soldadura por proceso continuo.</p> <p>2.1.3 Diámetro Nominal. Se refiere al diámetro exterior del tubo.</p> <p>2.1.4 Tubo estructural. Tubo de acero al carbono con propiedades mecánicas definidas.</p> <p>2.1.5 Tubo galvanizado. Tubo de acero al carbono con recubrimiento de zinc.</p> <p>2.1.6 Tubo negro. Tubo de acero al carbono sin proceso de recubrimiento.</p> <p>2.1.7 Tubo para uso general. Tubo de acero al carbono no estructural. También se le denomina tubería para carpintería metálica.</p> <p>2.1.8 Rebaba. Porción de material en exceso, producto del corte, que forma resaltes en los bordes del tubo.</p> <p>2.1.9 ERW: Soldadura por resistencia eléctrica <i>SER</i> (electric resistance welding).</p> <p>2.1.10 AC: Acero Comercial.</p> <p style="text-align: center;">3. CLASIFICACIÓN</p> <p>3.1 Los tubos se clasifican de acuerdo al grado estructural del acero según lo establecido en la tabla 1 de la presente norma.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tubos de acero, tubos soldados, requisitos, dimensionales, mecánicos, químicos.</p>		

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los tubos deben fabricarse por los procesos de conformado progresivo a través de rodillos.

4.2 Los ensayos mecánicos especificados, pueden omitirse si se disponen de certificados de origen de la materia prima cuyos resultados deben cumplir con las especificaciones de la tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Materia prima

Requisitos mecánicos y químicos del acero base. El material utilizado para la fabricación de la tubería debe ser acero al carbono laminado en caliente apto para ser soldado, debe cumplir con las propiedades mecánicas y químicas especificadas en la tabla 1 y debe cumplir mínimo con los requerimientos del grado 205.

TABLA 1^a). Propiedades mecánicas y químicas del acero base¹

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación ^{b)} %	Composición máx. %			
				C	Mn	P	S
AC Tipo B	205 a 340	---	≥ 25	0,02 A 0,15	0,60	0,030	0,035
230	230	360	18	0,2	0,90	0,03	0,04
250	250	365	17	0,2	0,90	0,03	0,04
275	275	380	16	0,2	0,90	0,03	0,04
310	310	410	13	0,2	1,35	0,03	0,04
340	340	450	11	0,2	1,35	0,03	0,04
550	550	620	6	0,2	1,35	0,03	0,04

¹ ASTM A1011/A1011M Tabla 1 y table 2 Chemical composition for hot rolled steel, tabla3 y table 4 mechanical property requirements composition for hot rolled steel.

^{a)} Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos.

^{b)} La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.

5.1.2 Requisitos mecánicos del tubo

La tubería debe cumplir con las especificaciones de esfuerzos a la tracción, fluencia y porcentajes de elongación establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Clasificación y propiedades mecánicas de los tubos ¹

Grado	Descripción	Límite de fluencia mín. (MPa)	Resistencia a la tracción mín. (MPa)	Elongación % mín. $\geq 3,05$ mm de espesor
AC	Tubo Para usos generales	205 a 340	-----	≥ 25
A	Tubos estructurales Sección Circular	230	310	25
B		290	400	23
C		315	425	21
D		250	400	23
A	Tubos estructurales Sección cuadrada, rectangular o especial	270	310	25
B		315	400	23
C		345	425	21
D		250	400	23

¹ ASTM A500/A500M Tabla 2 Tensile requirements.

5.1.3 Requisitos dimensionales

5.1.3.1 Dimensiones exteriores. El diámetro nominal de la tubería redonda y las dimensiones exteriores de la tubería cuadrada, rectangular y de otras formas debe cumplir con las tolerancias especificadas en la tabla 3 de la presente norma.

TABLA 3. Tolerancias en las dimensiones exteriores ^{a)}

Dimensión exterior ^{b)} (mm)	Tolerancia ^{c)}
$< 50,8$	$\pm 0,50$
$\geq 50,8$	$\pm 0,75$

^{a)} Las dimensiones exteriores de la tubería cuadrada y rectangular deben tomarse en el centro de las caras planas. Las especificaciones de la tabla 3 ya contemplan las tolerancias para la convexidad y la concavidad de las caras.

^{b)} Las dimensiones exteriores se deben tomar a una distancia de al menos 50 mm desde los extremos de la tubería.

^{c)} Las tolerancias del diámetro nominal contemplan las tolerancias de ovalamiento.

5.1.3.2 Espesor de pared. La tolerancia del espesor de la pared medido en cualquier punto de la tubería a una distancia mayor a 50 mm desde los extremos de la misma, debe ser máximo $\pm 10\%$ del espesor nominal. En los casos de tubería cuadrada o rectangular, el espesor de pared debe medirse en el centro de las caras planas.

5.1.3.3 Longitud. La tubería estructural y de uso general se produce en longitudes de 6 000 mm y en otras longitudes cuando el cliente así lo solicite. La tubería debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 4 de la presente norma.

TABLA 4. Tolerancias en la longitud

Longitud (mm)	Tolerancia (mm)
≤ 6500	+13 -6
> 6500	+19 -6

(Continua)

5.1.3.4 Rectitud. La variación permitida para la rectitud de la tubería es de hasta 12 mm en 6 000 mm o el valor proporcional a lo anterior en caso de tubos de medidas especiales.

5.1.3.5 Cuadratura de los lados. Para la tubería estructural cuadrada o rectangular, las caras adyacentes deben ser perpendiculares (a 90°), con una variación máxima permitida de $\pm 2^\circ$.

5.1.3.6 Torcedura. Para la tubería estructural cuadrada o rectangular, las variaciones permitidas en torcedura deben estar de acuerdo con las especificaciones establecidas en la tabla 5 de la presente norma. La torcedura debe ser determinada manteniendo un extremo del tubo en contacto con una superficie plana y midiendo la altura entre las esquinas del otro extremo del tubo y la placa plana. Calculando la diferencia entre dichas alturas, se puede determinar la torcedura, excepto para secciones mayores en las cuales se debe permitir el uso de un aparato de medición adecuado para determinar torcedura.

TABLA 5. Tolerancias en la torcedura ^{a)}, ¹

(d) Dimensión exterior de la cara mayor (mm)	Máxima Torcedura permisible en cada metro de longitud (mm)
$d \leq 40$	1,3
$40 < d \leq 65$	1,6
$65 < d \leq 100$	1,9
$100 < d \leq 150$	2,2
$150 < d \leq 200$	2,5
$d > 200$	2,8

^{a)} La torcedura debe medirse a una distancia de al menos 50 mm desde los extremos de la tubería.

¹ ASTM A500/A500M Tabla 5 Permissible Variations in twist for square and rectangular structural tubing.

5.1.3.7 Radio de las esquinas. Para la tubería estructural cuadrada o rectangular, el radio exterior de cada esquina no debe exceder a tres veces el espesor nominal de la pared.

5.1.3.8 Tubería de forma especial. Las dimensiones y las tolerancias de la tubería de forma especial deben estar sujetas a la capacidad de producción y al acuerdo con el fabricante.

5.1.4 Recubrimiento de zinc

5.1.4.1 Este requisito se aplica para la tubería galvanizada en todos los grados y secciones, el baño del metal usado para el recubrimiento en el proceso de galvanizado, no debe contener menos del 99,00 % de zinc, pudiendo contener otros componentes.

5.1.4.2 La masa de ambas caras de recubrimiento de zinc se obtiene sumando las masas correspondientes a las superficies interior y exterior. La masa mínima debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 6 de la presente norma.

TABLA 6. Masa de zinc por unidad de superficie (dos caras) para tubería galvanizada por inmersión en caliente ¹

Rango de espesor del acero [mm]	< 1,6	$\geq 1,6$ a < 3,2	$\geq 3,2$ a < 4,8	$\geq 4,8$ a < 6,4	$\geq 6,4$
Masa de recubrimiento [g/m^2] ^{a)}	320	320	530	530	530

¹ ASTM A123/A123M Tabla 1 Minimum average coating thickness grade by material category

^{a)} El espesor representativo del recubrimiento debe ser el valor promedio entre 5 mediciones tomadas al azar a lo largo del tubo.

5.1.4.3 La determinación de la masa del recubrimiento de zinc debe hacerse de acuerdo a la NTE INEN 1172. También se puede obtener midiendo el espesor del recubrimiento por un método magnético y calcularse de acuerdo a la siguiente relación: $1\mu\text{m}$ equivale a $7,067 \text{ g}/\text{m}^2$.

(Continua)

5.1.4.4 Para usos especiales las masas (espesores) de recubrimiento de zinc pueden ser acordados entre el cliente y el proveedor.

5.1.5 Soldadura

5.1.5.1. El cordón de soldadura debe ser homogéneo, no debe presentar discontinuidades y debe elaborarse mediante el proceso de soldadura por resistencia eléctrica ERW.

6.1.2.2. La profundidad del cordón de soldadura no debe ser menor al espesor del material base.

5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 Los tubos en sus superficies interior y exterior deben estar exentos de defectos que puedan afectar su utilización.

5.2.2 Salvo que se especifique de otra manera en la orden de compra, la tubería debe ser suministrada con los extremos a 90° con un mínimo de rebabas.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 Lugar. La inspección y aceptación del material al que se refiere esta norma, se debe realizar en el lugar idóneo para tal efecto y aceptado por las partes.

6.1.2 Tamaño de la muestra

6.1.2.1 Los lotes de fabricación deben ser divididos en lotes de muestreo de 1 000 tubos, lotes inferiores a 1 000 tubos deben considerarse como nuevos lotes de muestreo.

6.1.2.2 De cada uno de los lotes de muestreo se debe extraer al azar cinco muestras conforme el nivel de inspección especial S-2 de acuerdo con la NTE INEN ISO 2859-1, utilizando un nivel de calidad aceptable de 2,5 % y un plan de muestreo simple para inspección normal para realizar los ensayos dimensionales, mecánicos, químicos, masa de recubrimiento y adherencia.

6.1.2.3 De tres de las cinco muestras y luego de realizar los ensayos dimensionales, se debe extraer dos probetas en sentido longitudinal del laminado y dos en sentido transversal sobre las cuales se deben realizar los ensayos establecidos en el numeral 7, como testigo debe quedar una cantidad de material suficiente para preparar igual número de probetas.

6.2 Aceptación o rechazo. Toda la tubería que cumpla con las especificaciones de esta norma es considerada como producto terminado.

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Ensayo de aplastamiento en tubos de sección circular

7.1.1 En una prensa con placas paralelas se aplasta en frío en tres etapas, un trozo entre 10 mm y 100 mm de largo, con la soldadura a 90° respecto de la línea de aplicación de la fuerza.

7.1.2 En la segunda etapa, que es una prueba de ductilidad del material en la que se excluye el comportamiento de la soldadura, el ensayo se prolonga hasta que las placas de la prensa se encuentren a una distancia menor que mitad del diámetro exterior del tubo pero igual o mayor que 5 veces el espesor de pared.

7.1.3 En la tercera etapa, que es una prueba de homogeneidad del material, el ensayo se prolonga hasta que se toquen las partes internas o que la probeta se rompa.

(Continua)

7.2 Ensayo de tracción

7.1.1 Las probetas para prueba de tracción deben cumplir con los requisitos especificados en la NTE INEN 109.

7.3 Ensayo de abocardado

7.3.1 En la tubería se debe validar el cordón de soldadura realizando la prueba de abocardado según la NTE INEN 133.

7.3.2 Los ensayos destinados al control de la calidad del cordón de soldadura indicados en 7.3, pueden ser omitidos cuando se apliquen métodos de control continuo (corrientes de Eddy, ultrasonido, etc.).

7.4 Ensayo para el recubrimiento metálico y determinación de la adherencia

7.4.1 Las pruebas de adherencia del recubrimiento metálico deben cumplir con los requisitos especificados en la NTE INEN 950 para el método de martillado, método de rayado o según sea el caso.

8. EMBALAJE

8.1 Los tubos deben proveerse en paquetes firmemente amarrados y conformados con tubos del mismo grado y de iguales características dimensionales.

9. ROTULADO

9.1 Todos los tubos deben ser marcados individualmente de forma legible; y como mínimo debe tener una marca con la siguiente información:

- a) Nombre o logotipo del fabricante en caso de fabricación nacional, o nombre del importador.
- b) Lote de fabricación.
- c) Dimensiones y espesor nominal del tubo (ver nota 1).
- d) Grado del tubo (AC, A, B, C y D).
- e) Norma NTE INEN 2415

9.2 El fabricante adicionalmente puede usar código de barras para la identificación.

NOTA 1: El espesor se refiere al material base, no incluye el recubrimiento en el caso de tubos galvanizados.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 109	<i>Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 133	<i>Ensayo de abocardado para tubos de acero de sección circular.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 950	<i>Recubrimientos metálicos. Determinación de la adherencia. Método de ensayo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1172	<i>Recubrimiento de zinc por inmersión sobre materiales ferrosos. Determinación de la masa depositada por unidad de superficie. Método gravimétrico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1	<i>Procedimiento de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM A 1011/A 1011M: 2012. *Standard specification for Steel, sheet and strip, hot – rolled, carbon, structural, high – strength low – alloy high – strength low – alloy with improved formability, and ultra – high strength.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2012.

Norma ASTM A 653/A653M: 2011. *Standard specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2011.

Norma ASTM A 500: 2010a. *Standard specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2010.

Norma ASTM A 123/A123M: 2009. *Standard specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2009.

Norma Japonesa JIS G 3445:1988. *Carbon Steel Tubes for Machine Structural Purposes.* Japanese Industrial Standards. Tokio, 1988.

Norma Japonesa JIS G 3444: 1988. *Carbon Steel Tubes for General Structural Purposes.* Japanese Industrial Standards. Tokio, 1988.

Norma Japonesa JIS G 3452:1988. *Carbon Steel Pipes for Ordinary Piping.* Japanese Industrial Standards. Tokio, 1988.

Norma Japonesa JIS G 3132:1987. *Hot Rolled Carbon Steel for Pipes and Tubes.* Japanese Industrial Standards. Tokio, 1987.

Norma Japonesa JIS G 3141:1987. *Cold Rolled Carbon Steel Sheets and Strip.* Japanese Industrial Standards. Tokio, 1987.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: TUBOS DE ACERO AL CARBONO SOLDADOS Código:
NTE INEN 2415 PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS MC 06.01-406
Primera revisión GENERALES. REQUISITOS

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación del Directorio del INEN 2008-03-28 Oficialización con el Carácter de Voluntaria Por Resolución No. 029-2008 de 2008-05-19 publicado en el Registro Oficial No. 482 de 2008-12-05 Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2012-08-31 a 2012-09-14

Subcomité Técnico: Tubos de acero

Fecha de iniciación: 2012-10-10

Fecha de aprobación: 2012-11-06

Integrantes del Subcomité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Arq. Gabriela Vallejo, (Presidente)
Msc. Santiago Salas

Ing. Patricio Troncoso
Ing. Javier López
Ing. Frank Aguilar
Ing. Diego Cueva
Ing. Rosa Rivera
Ing. Andrea Rosales
Ing. Pablo Mella
Ing. Gustavo Franco
Ing. Giovanni Ferro
Ing. Diana Rodríguez
Ing. Gonzalo Calisto
Ing. Verónica Sotomayor
Ing. Edgardo Fernández
Arq. Maria Elena Chávez
Arq. Jorge Castillo
Ing. Xavier Andrade
Ing. Patricia Chango
Ing. Javier Dávila, (Secretario Técnico)

MIDUVI
MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y
PRODUCTIVIDAD
IPAC S.A.
KUBIEC - CONDUIT
KUBIEC - CONDUIT
SENESCYT
FERROTORRE S.A.
FERROTORRE S.A.
FERROTORRE S.A.
FERROTORRE S.A.
FERROTORRE S.A.
SENPLADES
EPMAPS
NOVACERO
NOVACERO
MIDUVI
MIDUVI
TUGALT S.A.
FEDIMETAL
INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 2415:2013 (primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2415:2008

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 929 de 2013-04-09

Por Resolución No. 13045 de 2013-03-19

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**