

Universidad Internacional del Ecuador



Faculta de Ingeniería Automotriz

**Tesis de Grado Para la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica
Automotriz**

**Estudio de las Características Mecánicas de los Materiales de los Chasis de los
Vehículos M1 Luego de un Impacto Mediante Norma Inen 0109.**

David Alejandro Del Castillo Erazo

Jorge Luis Herrera Rosero

Director: MSc. Gorky Guillermo Reyes Campaña

Quito, Agosto 2016

CERTIFICACIÓN.

Yo, David Alejandro Del Castillo Erazo, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la ley de la Propiedad Intelectual, reglamentos y leyes.

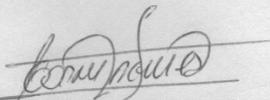


Firma del graduado

David Alejandro Del Castillo Erazo

C.I.: 1725335614

Yo, Ing. Gorky Reyes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, David Alejandro Del Castillo Erazo, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal suya.



Firma del Director Técnico del Trabajo de Grado.

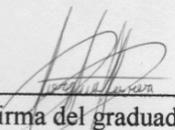
Ing. Gorky Reyes

Director

CERTIFICACIÓN.

Yo, Jorge Luis Herrera Rosero, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la ley de la Propiedad Intelectual, reglamentos y leyes.

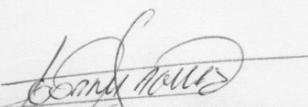


Firma del graduado

Jorge Luis Herrera Rosero

C.I.: 1716497498

Yo, Ing. Gorky Reyes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Jorge Luis Herrera Rosero, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal suya.



Firma del Director Técnico del Trabajo de Grado.

Ing. Gorky Reyes

Director

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi padre Galo Y mi madre Verónica que con su esfuerzo diario han logrado que culmine con mis estudios, son el pilar fundamental de mi vida los que merecen toda mi gratitud y respeto, por ser unas grandes personas que durante toda su vida demostraron y demuestran ser correctas e intachables.

Me han educado de la mejor manera con su cariño y paciencia además que me han inculcado buenos valores.

También es dedicado a toda mi familia por todo el amor, cariño y apoyo que siempre me han brindado

David Alejandro Del Castillo Erazo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a dios por guiarme durante toda mi vida por un buen camino lleno de bendiciones.

A mi madre Verónica por ser una gran madre quien me ha formado como persona con paciencia, brindándome su apoyo encada una de las decisiones de mi vida.

A mi padre Galo quien fue el mejor padre siendo mi modelo a seguir y que desde el cielo me sigue cuidando y guiando.

A mis hermanos Luis y Gabriela quienes siempre están dispuestos a darme una mano en las dificultades que se han presentado.

A la Universidad Internacional Del Ecuador por ser el lugar donde me recibieron de la mejor manera posible, donde tuve agradables experiencias.

A los profesores que tuve durante toda mi carrera académica, porque de cada uno de ellos recibí conocimiento y apoyo para ser un profesional.

Agradezco a mi tutor y profesor msc. Gorky Reyes quien nos ha guiado y transmitido su conocimiento para realizar este trabajo con paciencia y siempre con una buena actitud.

David Alejandro Del Castillo Erazo.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios, que me ha sabido guiar y acompañar hasta el día de hoy en todos mis logros. A mis padres que de muchas maneras me han apoyado para seguir adelante y llegar a cumplir este sueño, me han sabido formar con buenos valores, buenos hábitos y sentimientos para nunca decaer y siempre seguir adelante en lo que me proponga. A mi hermano que me ha apoyado en todo incondicionalmente con buenos consejos y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Jorge Luis Herrera Rosero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme y acompañarme día a día, por darme fuerzas para seguir adelante todo este tiempo y poder culminar esta gran etapa de mi vida.

A mis padres que trabajan duro todos los días para brindarnos y apoyarnos en todo lo que nosotros nos proponemos. Estando junto a mi y mi hermano todo el tiempo incondicionalmente luchando para darnos siempre lo mejor. Mi madre, que con su gran ejemplo, me supo dar aliento para seguir adelante, con los más sabios consejos enseñándome a no desfallecer ni a rendirme frente a las pruebas que la vida me ha puesto. Mi padre, que ha estado siempre apoyándome en mi carrera, en mis logros y porque se que se siente orgulloso de mi, de la persona en la que me he convertido. Gracias papitos por guiar cada paso que di hasta ahora y porque sé que seguirán apoyándome siempre.

A mi hermano, que es mi gran adoración, que me ha acompañado en cada paso que he dado desde muy pequeño, me ha cuidado y aconsejado para que siga cumpliendo mis sueños; A mi negra, Gabriela, por ser un gran complemento en mi vida y por estar a mi lado todo este tiempo apoyándome en todo y compartiendo conmigo alegrías y fracasos.

A mi amigo David, con el que empezamos juntos una carrera desde el inicio y hoy tengo la satisfacción de decir que la vamos a terminar de la misma forma. A pesar de muchos tropiezos hemos sabido seguir adelante para culminar esta etapa; Agradezco también a mi tutor de tesis Msc. Gorky Reyes, que en el trayecto de la carrera hasta ahora, más que un tutor se ha convertido en un amigo que nos ha apoyado para la culminación de esta etapa; A todos los docentes con los que tuve la oportunidad de compartir experiencias educativas en el lapso de toda mi carrera universitaria, y que me han sabido encaminar siempre por el buen camino.

Jorge Luis Herrera Rosero

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE DE FIGURAS	XVI
INDICE DE TABLAS	XX
ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE LOS CHASIS DE LOS VEHÍCULOS M1 LUEGO DE UN IMPACTO MEDIANTE NORMA INEN 0109.....	XXI
STUDY OF MECHANICAL MATERIALS CHASSIS FEATURES M1 VEHICLES AFTER AN IMPACT BY STANDARD INEN 0109.....	XXII
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I	3
1 Seguridad del vehículo.....	3
1.1 Sistemas de seguridad.	3
1.1.1 Seguridad activa.	3
1.1.2 Seguridad pasiva.....	6
1.2 Carrocería.....	9
1.2.1 Tipos de carrocerías y clasificaciones.	9
1.2.2 Elementos que componen una carrocería.....	14
1.3 Especificaciones Generales en la Construcción de la Carrocería	15
1.3.1 Rigidez.....	15

1.3.2 Resistencia en servicio.	15
1.3.3 Esfuerzos.	15
1.3.4 Facilidad de reparación.....	15
1.3.5 Espesor.	16
1.3.6 Ensayos realizados.....	16
1.4 Partes de la carrocería.	16
1.4.1 Zona delantera, trasera y central.....	17
1.5 Tipos de deformaciones.	17
1.5.1 Deformación programable.....	17
1.5.2 Impacto frontal.	19
1.5.3 Impacto lateral.	19
1.5.4 Deformación posterior.....	20
1.6 Tipo de Cargas.	21
1.6.1 Cargas puntuales.....	21
1.6.2 Cargas distribuidas	21
1.7 Materiales.	22
1.7.1 Materiales de los vehículos	23
1.7.2 Propiedades de los Materiales.	24
1.7.3 Aleaciones.	29
1.8 Aceros al carbono.....	30
1.8.1 Aceros de bajo carbono.	30
1.8.2 Acero de carbono medio.....	30

1.8.3 Aceros de alto carbono.	31
1.9 Clasificación de los aceros por su resistencia.	31
1.9.1 Clasificaciones del acero	32
1.9.2 Clasificación de aceros convencionales:	32
CAPITULO II.	43
2 Normativas.....	43
2.1 Normativa Euroncap.	43
2.2 LatinNcap.	43
2.2.1 Miembros fundadores de latiNcap.....	44
2.3 NHTSA, national highway traffic safety administration.	44
2.3.1 Pruebas.	45
2.4 Normas y homologación de impacto frontal y lateral para vehículos.....	45
2.4.1 Pruebas en los vehículos.....	46
2.4.2 Reglamento vehicular N° 94 de las naciones unidas (UN94).	47
2.4.3 Ensayos.....	47
2.4.4 Mediciones que se evalúa en el vehículo.	49
2.4.5 Instrucciones para los usuarios de vehículos equipados con airbags.	51
2.4.6 Otros aspectos considerados.....	52
2.4.7 Características que se mide en el desplazamiento de los maniqués.	52
2.5 Norma INEN 034.	54
2.5.1 Dispositivos de alumbrado y señalización luminosa y de visibilidad.	54
2.5.2 Condiciones ergonómicas, asientos y sus anclajes.....	54

2.5.3 Frenos.	54
2.5.4 Control electrónico de estabilidad.	54
2.5.5 Neumáticos.	55
2.5.6 Suspensión.	55
2.5.7 Dirección.	55
2.5.8 Carrocería.	55
2.5.9 Vidrios.	55
2.5.10 Cinturones de seguridad.	56
2.5.11 Parachoques frontal y superior.	56
2.5.12 Barras anti empotramiento.	56
2.5.13 Protección impacto frontal y lateral.	56
2.5.14 Air bags, bolsas de aire.	56
2.5.15 Autoridad vigilancia y control.	57
2.6 Ensayos estructurales.	57
2.6.1 Conformación.	58
2.6.2 Clasificación de los ensayos.	58
2.7 Tipos de ensayos.	59
2.7.1 Ensayos metalográficos.	59
2.7.2 Ensayos de dureza.	63
2.7.3 Ensayos de tracción.	66
2.7.4 Ensayo de compresión.	72
2.7.5 Ensayo de flexión.	73

2.7.6 Ensayos de torsión.....	73
CAPITULO 3.....	74
3 Estudios realizados y fundamentación teórica.....	74
3.1 Estudio del Vehículo más Vendido.....	74
3.2 Estudios del impacto.	77
3.3 Elementos de protección carrocería.	79
3.3.1 De zona inmediata.	79
3.3.2 Indirectos.	79
3.3.3 Análisis de un impacto frontal.....	79
3.4 Proceso de embutición.	81
3.4.1 Tipos de embutición.	82
3.4.2 Cambio de propiedades influenciadas por la temperatura.....	83
3.5 Reparaciones de Componentes Estructurales.....	84
3.5.1 Preparación para los trabajos de enderezado.....	85
3.5.2 Estudio del impacto.	85
3.5.3 Mediciones de diagnóstico.	85
3.5.4 Desarmado.....	86
3.5.5 Colocación de vehículo en la bancada.....	86
3.5.6 Mediciones de bancada.....	87
3.6 Equipo de enderezado o de estiramiento.....	87
3.6.1 Gatos de estiramiento.	88
3.6.2 Elementos para estiramientos vectoriales.....	88

3.6.3	Ángulos de tracción.....	89
3.6.4	Mordazas.	89
3.6.5	Ganchos o platinas.....	90
3.6.6	Retractor o rodillos de tracción.	90
3.6.7	Tornillos de ajuste y herramientas para huecos.....	90
CAPITULO 4.....		91
4	Pruebas de laboratorio.	91
4.1	Vehículo e impacto seleccionado.....	91
4.2	Reparación larguero izquierdo.	92
4.2.1	Sección 1.	93
4.2.2	Sección 2.	93
4.2.3	Proceso de reparación.....	93
4.3	NTE INEN 0109: ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.....	95
4.3.1	Objetivo.....	95
4.3.2	Alcance.....	95
4.3.3	Descripción de la norma.....	95
4.3.4	Preparación de la muestra.....	96
4.3.5	Informe de resultados.	97
4.3.6	Análisis de la gráfica esfuerzo-deformación.	97
4.4	Pasos a considerar para la extracción de una probeta.	100
4.5	Factores que influyen en la extracción de una probeta.	102

4.6 Elaboración de las probetas.....	103
4.6.1 Medición de las áreas	104
4.6.2 Cortes en el larguero.....	105
4.6.3 Área externa de la probeta	106
4.6.4 Zona de longitud calibrada	107
4.6.5 Longitud de referencia.....	108
4.7 Elaboración de los ensayos.	108
4.8 Resultados.	109
4.8.1 Probetas sin Impactar.	109
4.8.2 Probetas Reparadas en Frio.	112
4.8.3 Probetas Reparadas por Calor.	114
4.9 Comparativa de resultados.	116
4.10 Análisis de resultados.....	118
4.10.1 Comparación del Material.	119
4.10.2 Comparativa del material original/reparado y el porcentaje de variación en resultados de las pruebas realizadas.	120
5 Conclusiones y Recomendaciones.....	122
5.1 Conclusiones	122
5.2 Recomendaciones.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	126
ANEXOS	128

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Características de los neumáticos.....	5
Figura 1.2 Carrocería con chasis independiente	10
Figura 1.3 Carrocería con plataforma chasis	11
Figura 1.4 Carrocería auto portante	12
Figura 1.5 Larguero y travesaños delanteros	14
Figura 1.6 Zonas estructurales de la carrocería	17
Figura 1.7 Prueba de impacto ChevyMalubu 2009 vs Bel Air 1959.....	18
Figura 1.8 Distribución de energía en una colisión frontal.....	19
Figura 1.9 Distribución de energía en una colisión lateral	20
Figura 1.10 Distribución de energía en una colisión posterior.....	21
Figura 1.11 Carrocería con distintas alecciones de acero y otros.....	24
Figura 1.12 Diferentes tipos de esfuerzos de rotura	28
Figura 1.13 Características de algunos tipos de aceros	32
Figura 2.1 Prueba de impacto frontal.....	47
Figura 2.2 Ensayo tipo offset con impacto en barrera	48
Figura 2.3 Pilar donde se fija el acelerómetro	49
Figura 2.4 Partes de los maniqués	53
Figura 2.5 Cortadora metalográfica.....	60
Figura 2.6 Lijas de grano	61
Figura 2.7 Maquina de pulido abrasivo	61
Figura 2.8 Piezas bajo sustancia colorante	62
Figura 2.9 Microscopio metalográfico.....	63
Figura 2.10 Etapas del ensayo rockwell	65

Figura 2.11 Deformación de las probetas planas	68
Figura 2.12 Ensayo normalizado de tracción.....	68
Figura 2.13 Alargamiento de las probetas durante el ensayo	69
Figura 2.14 Grafico esfuerzo - deformación.....	69
Figura 2.15 Material frágil y material dúctil.....	71
Figura 2.16 Fractura dúctil.....	71
Figura 2.17 Fractura frágil	72
Figura 2.18 Ensayo de compresión.....	72
Figura 2.19 Etapas del ensayo rockwell	73
Figura 3.1 Vehículos más vendidos año 2008	74
Figura 3.2 Vehículos más vendidos año 2009	75
Figura 3.3 Vehículos más vendidos año 2010	75
Figura 3.4 Vehículos más vendidos año 2011	75
Figura 3.5 Vehículos más vendidos año 2012	76
Figura 3.6 Vehículos más vendidos año 2013	76
Figura 3.7 Vehículos más vendidos año 2014	76
Figura 3.8 Comparativa anual de vehículos vendidos.	77
Figura 3.9 Porcentajes zonas accidentadas.	78
Figura 3.10 Zonas más accidentadas en un vehículo.....	78
Figura 3.11 Impacto frontal fase uno.....	80
Figura 3.12 Impacto frontal fase dos	80
Figura 3.13 Impacto frontal fase tres	81
Figura 3.14 Impacto frontal fase cuatro.....	81
Figura 3.15 Proceso de embutición.....	82
Figura 3.16 Cambio de propiedades por temperatura.....	84

Figura 3.17 Mediciones preliminares	85
Figura 3.18 Desarmado de carrocería	86
Figura 3.19 Colocación en bancada.....	86
Figura 3.20 Medición en bancada.....	87
Figura 3.21 Gato de estiramiento.....	88
Figura 3.22 Elementos de estiramiento vectorial.....	88
Figura 3.23 Ángulos de tracción.....	89
Figura 3.24 Tipos de mordazas	89
Figura 4.1 Chevrolet Aveo impactado	91
Figura 4.2 Secciones para extracción de probetas	92
Figura 4.3 Secciones impactadas del larguero.....	93
Figura 4.4 Esfuerzo deformación.....	98
Figura 4.5 Probetas antes del ensayo	104
Figura 4.6 Extracción de las probetas	105
Figura 4.7 Proceso de elaboración de probetas.....	106
Figura 4.8 Área externa de la probeta.....	106
Figura 4.9 Mediciones para la longitud calibrada.....	107
Figura 4.10 Longitud calibrada.....	107
Figura 4.11 Comparativa limite elástico acero SAE J2340 grado 300S.....	110
Figura 4.12 Comparativa resistencia a la tracción	111
Figura 4.13 Esfuerzo deformación probeta N1	112
Figura 4.14 comparativa limite elástico acero SAE J2340 grado 300S.....	113
Figura 4.15 Grafico esfuerzo deformación probeta F2.....	114
Figura 4.16 Comparativa limite elástico Acero SAE J2340 grado 300S.....	115
Figura 4.17 Esfuerzo deformación probeta C3	116

Figura 4.18 Esfuerzo deformación comparación probetas	117
Figura 4.19 Comparativa limite elástico SAE J2340 grado 300S	117
Figura 4.20. Disminución de carga de las probetas reparadas.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Valor del límite elástico de algunos materiales	26
Tabla 1.2 Tipos de aceros y sus límites elásticos	32
Tabla 1.3 Limite elástico de los aceros convencionales.	33
Tabla 1.4 Limite elástico Aceros Bake-Hardening.....	34
Tabla 1.5 Composición aceros re fosforados.....	35
Tabla 1.6 limite elástico aceros re fosforados.....	35
Tabla 1.7 Limite elástico Aceros IF.....	36
Tabla 1.8 Composición aceros micro aleados	37
Tabla 1.9 limite elástico acero micro aleado.	37
Tabla 1.10 Composición aceros doble fase	38
Tabla 1.11 limite elástico acero doble fase.....	38
Tabla 1.12 limite elástico acero de plasticidad inducida por transformación.....	39
Tabla 1.13 limite elástico acero fase compleja	40
Tabla 1.14 limite elástico acero martensiticos.....	41
Tabla 1.15 limite elástico aceros al boro	42
Tabla 2.1 escala de dureza Brinell	64
Tabla 2.2 Materiales usados en ensayo rockwell.....	65
Tabla 3.1 Promedio vehículos más vendidos.....	77
Tabla 4.1 Reparación larguero.....	92
Tabla 4.2 Promedio de probetas estándar	109
Tabla 4.3 Promedio de probetas reparadas en frio.....	112
Tabla 4.4 Promedio de probetas reparadas en caliente	114
Tabla 4.5 Propiedades mecánicas de los aceros	118
Tabla 4.6 Propiedades mecánicas SAE J2340	119
Tabla 4.7 Propiedades mecánicas de los aceros	120

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE LOS CHASIS DE LOS VEHÍCULOS M1 LUEGO DE UN IMPACTO MEDIANTE NORMA INEN 0109

Después de la reparación estructural de un vehículo se pierden propiedades tanto mecánicas como físicas de la estructura impactada del vehículo, existiendo una variación en la resistencia máxima que presentaría en una próxima colisión. Todo depende del proceso de reparación o templado que se realizó al chasis del vehículo. En el Ecuador es muy común que este tipo de trabajos sean realizados por personal no apto ni capacitado para este tipo de trabajos. Se seleccionó el vehículo más vendido en el Ecuador, el Chevrolet Aveo, con uno de los impactos más comunes que es el frontal, realizando un estudio de la reparación de una zona estructural. Se tomaron muestras de la pieza que fue sometida a distintos tipos de reparación para posteriormente extraer muestras para las pruebas de laboratorio, los ensayos de tracción se realizaron bajo la norma NTE INEN 0109 y ASTM A370 y fueron desarrolladas en la universidad politécnica nacional del Ecuador cumpliendo con todos los requerimientos establecidos por las normas. Los resultados de los ensayos destructivos fueron analizados y comparados con aceros de las mismas características y de piezas estándar sin ninguna deficiencia. Teniendo una base para hacer los cuadros comparativos en base a los resultados finales de cada ensayo

PALABRAS CLAVE: Ensayos de tracción, propiedades, probetas, larguero, norma ASTM A370.

STUDY OF MECHANICAL MATERIALS CHASSIS FEATURES

M1 VEHICLES AFTER AN IMPACT BY STANDARD INEN 0109

After the structural repair of a vehicle lost both mechanical properties and physical of the impacted vehicle structure, there is a variation in maximum strength would present at a subsequent collision. Everything depends on the repair process or tempering held to the vehicle chassis. In Ecuador is very common for this type of work are performed by trained personnel or unfit for this kind of work. the best selling vehicle in Ecuador was selected, that is the Chevrolet Aveo, with one of the most common crashes, the frontal impacts, conducting a study of repairing a structural zone. Samples of the piece was subjected to various forms of compensation to later take samples for laboratory tests, tensile tests were conducted under the NTE INEN 0109 and ASTM A370 standard and were developed at the National Polytechnic University of Ecuador they were taken in compliance with all the requirements established by the rules. The results of the destructive tests were analyzed and compared with the same characteristics steels and standard parts without affectation. Having a basis for comparative tables based on the final results of each test.

Keywords: Tensile tests, properties, test tubes, stringer, ASTM A370.

INTRODUCCION.

Teniendo en cuenta el alto índice de accidentes (Agencia nacional de Transito 2015), en nuestro país y que está en constante crecimiento, parte del campo automotriz sufren siniestros diariamente, muchos de ellos dependiendo su gravedad son considerados como pérdida total, determinando que el vehículo ya no es operativo ni funcional para circular en la ciudad.

Según los estudios realizados por la ANT. Existe un incremento de accidentes, en la provincia de pichincha, la que encabezó la lista durante los primeros meses del año 2015 con más accidentes, representando el 43% por ciento de accidentes en todo el país.

En la actualidad la mayoría de vehículos de categoría m1 que circulan en el medio son compactos o autoportantes de la línea automóvil, este tipo de vehículos luego de un impacto son reparados, sin saber si sus componentes mecánicos estructurales, cumplen con las características que se fabrican un automóvil por lo que se realizara un estudio en el cual se compara una pieza nueva estándar con una reparada realizando un análisis de sus resultado. A falta de un ente que establezca parámetros para vehículos que han sufrido una colisión asegurando la fiabilidad del desempeño y seguridad de los ocupantes. Se realiza un estudio en el cual se efectuará una serie de ensayos destructivos de tracción en un laboratorio normado en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en la facultad de mecánica bajo pruebas normadas (INEN 0109-ASTM A370) a los que se someterá una parte estructural del vehículo para estudiar su funcionalidad y eficiencia en dichos materiales, verificando la factibilidad según su reparación, ya que muchos de los automotores luego de un impacto son reparados y no se conoce las características finales mecánicas que adoptan sus estructuras poniendo en peligro la seguridad de las personas.

El objetivo general de esta tesis es realizar un estudio de las colisiones vehiculares para determinar hasta qué punto se repararía los componentes del vehículo mediante ensayos destructivos a los materiales según normas establecidas, sin perder las propiedades mecánicas y que cumpla los requerimientos mínimos de seguridad establecidos por los fabricantes, garantizando la seguridad de los conductores y ocupantes, con la finalidad de:

- a) Elaborar un estudio para seleccionar el vehículo más vendido en el Ecuador en base a los accidentes más comunes.
- b) Realizar pruebas en los componentes y determinar sus puntos máximos de fatiga antes de que lleguen a romperse.
- c) Evaluar una serie de pruebas normadas de laboratorio reparadas por distintos procedimientos de templado, para un análisis de las variaciones de las propiedades mecánicas del material.
- d) Analizar las pruebas para tomar en cuenta la factibilidad de la reparación de los componentes sin perder la forma estética del vehículo y que no afecte su desempeño frente a un impacto.
- e) Determinar parámetros en base a pruebas de los componentes que intervienen en un choque frontal.
- f) Realizar comparativas cuantitativas entre los materiales en condiciones normales con las probetas a ensayar.

CAPITULO I

1 Seguridad del vehículo.

1.1 Sistemas de seguridad.

Según estudios antes realizados (ANT) un alto porcentaje de personas mueren cada año por culpa de accidentes de carretera.

Gracias al avance de la tecnología, los sistemas de seguridad en los vehículos a evolucionado, dando mayor seguridad a sus conductores, pero este factor provoca que los conductores se sientan más seguros y aumenten su velocidad al momento de conducir, aun si tiene un buen diseño el automóvil, por más evolucionado que estén sus sistemas de seguridad, si el conductor desconoce el correcto uso de los elementos de seguridad, si no está en condiciones de conducir o simplemente conduce con imprudencia, el accidente que se genera seria mortal.

El concepto de seguridad se caracteriza por tener su enfoque hacia la perfección al momento de evitar algún accidente. En este enfoque interviene bastante la capacidad del conductor al conducir y cómo reacciona un vehículo ante el riesgo de un accidente, es por ello que todas las marcas dedican a la seguridad activa con el mismo esmero que la seguridad pasiva, persiguiendo así el objetivo ideal de conseguir la óptima combinación de la seguridad.

1.1.1 Seguridad activa.

Si durante la conducción se presenta alguna situación riesgosa que genere un accidente, la seguridad activa es la encargada de prevenir dicha situación, son sistemas que tienen los vehículos que ayudan al conductor a reaccionar de distintas maneras a situaciones riesgosas que se presenten, brindando mayor fiabilidad en el comportamiento al manejar y frenar ante estos riesgos. Estos sistemas brindan mayor confianza y

seguridad a los conductores, siendo de igual importancia las habilidades que el conductor posea.

La seguridad activa siempre se la vio como el punto más importante de parte de los fabricantes ya que de eso depende el confort y seguridad de sus ocupantes, por eso se reconoce como al pasar del tiempo el parque automotor ha experimentado una rápida evolución con la fabricación de sistemas de frenos, controladores de estabilidad, mejoras en la estabilidad y neumáticos de mayor calidad, brindando mayor confianza a los conductores y sus ocupantes. El sistema de mayor importancia en la seguridad activa se denomina tren de rodaje y le conforma la dirección, sistema de frenos, neumáticos, y el controlador de estabilidad.

1.1.1.1 Elementos del tren de rodaje.

El conjunto formado por el tren de rodaje es el encargado de brindar seguridad y control del vehículo cuando el conductor se encuentre en situaciones de alto riesgo a sufrir un accidente, gracias a muchos factores, como la dispersión del viento lateral gracias a la buena aerodinámica del vehículo, un sistema de dirección preciso, neumáticos que cumplan con los requerimientos del terreno y un sistema de frenado que brinde confianza al conductor.

1.1.1.2 Dirección.

La dirección del vehículo es importante ya que gracias a ella el conductor puede direccionar las ruedas y tomar su trayectoria. Representa una de las condiciones mas importantes para brindar seguridad en la conducción. Cumple con ciertos factores para brindar dicha seguridad, no es ni muy dura ni muy suave para mantenerla siempre estable, tiene una gran facilidad al momento de retornar al giro para que así el conductor tenga la posición más directa al conducir y no perder el equilibrio de las ruedas, en fin la dirección es un sistema de alta precisión.

1.1.1.3 Frenos.

El sistema de frenos es el más importante dentro de los sistemas de seguridad del automóvil, es por esto que los fabricantes se enfocan en el desarrollo y evolución de este sistema de frenado para generar mayor confianza al conductor.

Dentro de los sistemas de frenado ya evolucionados y modificados, están los sistemas de freno ABS que es un sistema antibloqueo de freno el cual funciona gracias a sensores que cada rueda tiene, los que se encargan de comparar el régimen de giro de cada rueda para compararlo con las demás. Esto sucede ya que el régimen de giro no siempre será el mismo por las variaciones de terrenos o por la inclinación en las curvas, generando distintas velocidades en cada rueda.

1.1.1.4 Neumáticos.

La calidad de los neumáticos es de vital importancia, ya que de nada sirve tener un buen sistema de frenado si la calidad de los neumáticos no es la apropiada. Los neumáticos son construidos con la finalidad de cumplir los requerimientos solicitados en distintos tipos de terreno.

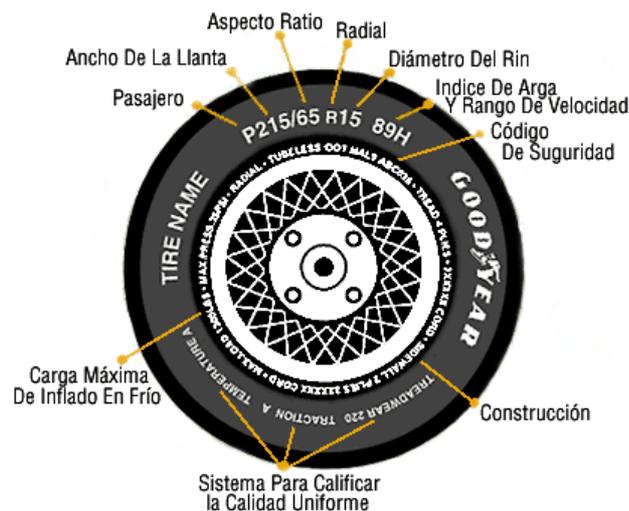


Figura 1.1 Características de los neumáticos

Fuente: Alberto Piqueras

Al momento de la elección del neumático hay que fijarse en el tipo de labrado, la dureza de la llanta, a que categoría pertenece con respecto a la adherencia que tiene al piso A, B o C.

1.1.1.5 Sistema Electrónico de Estabilidad ESP.

Este sistema ayuda al conductor a corregir cuando el vehículo pierde la trayectoria por un excesivo subviraje o sobreviraje, ayudándose del sistema ABS de frenos actuando sobre cada rueda por separado o también actuando en el sistema de alimentación para que no se genere un exceso de aceleración mediante el accionamiento del pedal por el conductor.

1.1.2 Seguridad pasiva.

Un vehículo, a pesar de tener los sistemas de seguridad activa muy avanzados, no significa que todos los accidentes se los evitara, es por eso que la seguridad pasiva se enfoca en brindar la mayor protección posible al conductor, a sus ocupantes, para terceras personas que resulten afectadas en el accidente, peatones, ciclistas y también a ciertas partes del mismo vehículo.

Hay muchas personas que se equivocan pensando que el vehículo es más seguro cuando está construido de la manera más tenaz e inflexible, ya que serán ocupantes los que recibirán la fuerza del impacto, poniendo como ejemplo a un tanque de guerra que viaja a una velocidad de 60km/h se impacta contra un muro de hormigón puede quedar ileso por fuera, lo que supone brindar una gran protección, pero en realidad sus ocupantes no quedan del todo ilesos, la fuerza del impacto en este caso es absorbida por todos sus ocupantes mas no por el tanque de guerra, es por eso que la mejor protección en caso de accidentes es tener una carrocería que brinde una seguridad con una deformación calculada con exactitud, que sea altamente resistente en su estructura pero también

absorba la fuerza del impacto mediante una carrocería altamente deformable en todos los sitios donde se distribuya la fuerza de impacto.

En fin, la seguridad pasiva entra en funcionamiento cuando el accidente es inevitable buscando el menor daño posible a los ocupantes del vehículo.

Dentro de los elementos más importantes de la seguridad pasiva se tiene.

1.1.2.1 Carrocería.

En una carrocería la seguridad efectiva que proporcione a sus ocupantes dependerá necesariamente de la capacidad de deformación programada que esta tenga y de la absorción de las distintas fuerzas generadas en el impacto, siendo la carrocería la que absorba la fuerza del impacto mas no los ocupantes, evitando así todo tipo de lesiones

1.1.2.2 Cinturón de seguridad.

Según la ley orgánica de transporte terrestre y seguridad vial, el no usar cinturón de seguridad es considerado como una contravención leve de primera clase, esto no significa que los conductores y ocupantes usen el cinturón únicamente para evitar ser multados, sino que se usa para estar protegidos ante cualquier tipo de accidente. Para que el cinturón ejerza su función tiene que estar bien ajustado al cuerpo del ocupante. El cinturón tienen sus ventajas y desventajas, ayuda a que quien lo use a no salir disparado por el parabrisas pero de igual manera el cinturón de seguridad causaría lesiones musculares.

1.1.2.3 Cabeceras.

La función de las cabeceras es limitar el movimiento del cuello durante una colisión para evitar lesiones en las vértebras cervicales, a pesar de saber cuál es su principal función y su eficacia generalmente se usa mal las cabeceras. Las cabeceras son elementos importantes dentro de la seguridad pasiva es por eso que todos los vehículos vienen con ellas.

1.1.2.4 Airbag.

El airbag es una bolsa de aire que se infla al momento de generarse una colisión, evitando que el conductor o pasajero choque contra los elementos del vehículo, como el volante, tablero de instrumentos y parabrisas, existiendo también vehículos que tienen airbags en las partes laterales por si se genera colisiones de ese tipo. Absorbe también parte de la energía cinética del cuerpo, disminuye también el movimiento de la cabeza evitando así las lesiones cervicales. El airbag fue creado para disminuir lesiones que se producen en colisiones más comunes que son las frontales. Dentro de la seguridad pasiva es considerado como el elemento de mayor desarrollo en los últimos años.

1.1.2.5 Seguridad pasiva en adultos y niños.

LatinNcap inicio como un proyecto en el 2010 y se estableció como entidad en el año 2014 por lo que se basa en parámetros impuestos por la euro Ncap que ya lleva algunos años dedicados a pruebas de colisiones por lo que las pruebas que realizan son similares.

Según las normas latinNcap al momento de hacer las pruebas en un vehículo se basan específicamente en dos parámetros la protección en una persona adulta y en niños.

a) Adultos.

La protección en las personas adultas se centra en el daño que una persona recibe en un impacto frontal por lo que se realizan ensayos de impacto y se determina la gravedad del daño en distintas posiciones del ocupante fijándose específicamente en el área de contacto que llegan a tener las rodillas de los ocupantes en las colisiones.

b) Niños.

Las normas latinNCap se basan en normas euro Ncap que en el año 2003 elaboro parámetros de protección a los niños ante colisiones donde se empezaron a realizar ensayos de colisiones para tener claro los peligros potenciales que llegarían a tener ante

una colisión, de esta manera asegurar la vida de un infante en un accidente automovilístico.

1.2 Carrocería.

La carrocería es una estructura diseñada con el fin de brindar confort y seguridad a los ocupantes y también posee características muy importantes en su fabricación, con el objetivo de brindar menor resistencia al movimiento gracias a su aerodinámica.

La función principal de las carrocerías es brindar seguridad a los ocupantes y que gracias al pasar del tiempo y al avance de la tecnología, se han implementado sistemas auto deformables y de deformación programadas, debido a las altas exigencias de seguridad impuestas por entes que norman a los vehículos, clasificándolos de acuerdo a la protección que brindan a sus ocupantes ante una colisión.

1.2.1 Tipos de carrocerías y clasificaciones.

De acuerdo con la clasificación de las carrocerías, se conocen tres tipos principales:

- Chasis independiente.
- Carrocería con plataforma chasis.
- Carrocería autoportante.

1.2.1.1 Chasis independiente

Representa el sistema más antiguo de la construcción de carrocerías de un vehículo. Los vehículos todo terrenos, camiones y autobuses tienen una carrocería formada por dos estructuras, el bastidor y la carrocería, estas carrocerías se las construyen utilizando chasis rígidos que soportan todo el peso, las fuerzas del motor y de la transmisión. Hasta el año 1923 era la única técnica de construcción, pero al pasar el tiempo las carrocerías autoportantes sustituyeron a las de chasis independiente.

En la actualidad los vehículos que aún se siguen construyendo con el chasis independiente son los vehículos todo terreno, vehículos de carga, algunas camionetas, vehículos deportivos y varios vehículos americanos.

Este tipo de chasis sigue siendo preferido para vehículos industriales que se encargan de transportar o arrastrar cargas pesadas de un lado a otro. Por otro lado mucha gente prefiere este tipo de chasis por la facilidad de reparación en caso de una colisión ya que únicamente aflojando una cantidad de pernos se puede separar el chasis de la carrocería, permitiendo el fácil acceso y cambio de partes específicas que en el caso de los autoportantes no se las puede sustituir o reparar. Mucha gente las prefiere porque este tipo de chasis da una gran robustez a todo el conjunto que conforma la carrocería y chasis, para soportar esfuerzos considerables, tanto estáticos como dinámicos. Su uso para vehículos de turismo está descartado debido a su elevado peso, a su centro de gravedad que es más alto y al mayor costo de fabricación.

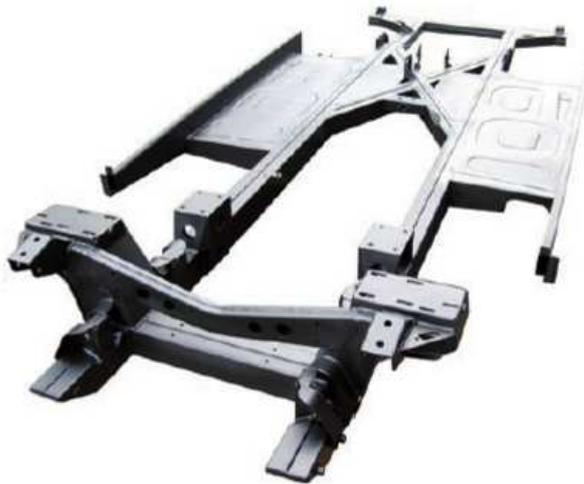


Figura 1.2 Carrocería con chasis independiente
Fuente: Equipo de profesores del centro documentación CEDE

1.2.1.2 Carrocería con plataforma chasis.

Este tipo de carrocería es un derivado de la carrocería con chasis independiente. Este chasis nació como un proyecto para buscar una solución intermedia entre la carrocería de chasis independiente y la carrocería autoportante. En este diseño se construye como el

chasis independiente al que se le sujeta el resto de la carrocería pero con la diferencia de ser una plataforma mucho más liviana. Este proyecto tuvo un gran éxito al ser aplicado en algunos modelos de turismo que fueron construidos para dar servicios intermedios siendo utilizados en carreteras y en caminos más exigentes.

Uno de los ejemplos más significativos de este sistema es el vehículo creado por la casa Renault que recibió el nombre de modelo R-4 (OCIO Ultimate Magazine).

En este tipo no se abandonó nunca el concepto de chasis y se mantenía una estructura que formaba el suelo del vehículo. Para la unión de esta plataforma a la carrocería se utilizaba atornillados y soldaduras dependiendo de las distintas marcas, pero en ambos casos se obtenía un conjunto chasis carrocería de notable rigidez que soportaba mejor que la carrocería autoportante los vaivenes y bruscos golpes ocasionados en la suspensión por los malos caminos y también resultaba ser más livianos que los vehículos de chasis independiente.



Figura 1.3 Carrocería con plataforma chasis
Fuente: Francisco Javier Montes Ortega

1.2.1.3 Carrocerías de chasis autoportante o monocasco

El sistema autoportante es el más utilizado actualmente en la fabricación de automóviles por motivos de reducción de peso y costo. La carrocería autoportante en este caso quiere decir, carrocería que se soporta a ella misma. Casi todas las piezas de acero de estas carrocerías están unidas por medio de puntos de soldadura, aunque también existe una gran cantidad de vehículos que están unidos por medio de tuercas para una sustitución de piezas menos problemática y rápida. Entonces se denomina carrocería monocasco o autoportante a las carrocerías de los vehículos que incluyen su chasis y el habitáculo en una sola pieza. Este sistema apareció desde los años 1980 en los vehículos de turismo. Tradicionalmente la carrocería se montaba sobre el chasis, pero en la actualidad esto solo se usa en vehículos que desplacen cargas grandes, como camionetas, camiones y también en ciertos vehículos 4x4.

Este tipo de carrocerías tienen grandes ventajas en el sentido de ser más ligeras a la vez que más estables y flexibles de las carrocerías existentes, siendo además las que se las fabrica en serie con mayor perfección y un costo más bajo. A pesar de no ser fáciles de reparar la gente la prefiere por su bajo costo y su bajo peso.



Figura 1.4 Carrocería auto portante
Fuente: Francisco Javier Montes Ortega

a) Ventajas de la carrocería monocasco.

La mejoría que tienen hoy en día los vehículos con carrocería monocasco resultan ser de gran atractivo para los consumidores, lo que resulta ser como los vehículos más utilizados de la época, a continuación una pequeña explicación del porqué.

- El costo de fabricación de este tipo de carrocerías es más bajo en comparación a los de otro tipo.
- Este tipo de carrocerías son más ligeras, pesan menos y por eso son más comunes en vehículos pequeños de turismo gracias a su eficiencia.
- Tienen menor consumo de combustible gracias a su peso, en comparación con los chasis que tienen una arquitectura desarrollada con piezas como un conjunto distinto.
- Son rápidos de fabricar e instalar ya que se producen con mayor velocidad y comercialmente este es un punto importante.
- Alta resistencia interior gracias a que su estructura absorbe la energía de los choques o impactos en el exterior.
- Mejor para manejar y más cómodos.

b) Desventajas de la carrocería monocasco.

De igual manera que en las ventajas, existen ciertos puntos que son desfavorables para este tipo de carrocerías, pero sin embargo no son impedimentos para que los consumidores dejen la preferencia de este tipo de carrocerías, a continuación se indica estos puntos.

- La reparación es una desventaja ya que todas las piezas forman parte de un conjunto, en ocasiones, puede ser complicado reparar una parte sin interferir con otra.
- Este tipo de carrocerías es fabricado para el uso en la ciudad, por lo que no funcionan muy bien en los caminos complicados y fuera de la carretera.

- Presenta baja resistencia exterior por lo que no soporta impactos o superficies complicadas como podrían hacerlo otras estructuras.

1.2.2 Elementos que componen una carrocería.

La carrocería es el armazón del vehículo. Está formada, generalmente, por planchas metálicas unidas entre sí, que constituyen el apoyo de los elementos mecánicos.

1.2.2.1 Chasis o Bastidor.

Es un conjunto de perfiles unidos muy rígidamente en formas de cuadro, lo que le hace un conjunto indeformable. El chasis de un vehículo está destinado al montaje de una carrocería con elementos desmontables. Compone de largueros y travesaños.

1.2.2.2 Largueros.

Son piezas longitudinales en forma de viga tubular, son de sección generalmente rectangular, situadas a los dos lados de la del piso de la carrocería, estos largueros se los prolonga de manera apropiada hasta los soportes del parachoques, comúnmente en estos largueros se asientan las bases del motor.

1.2.2.3 Travesaños.

Piezas transversales, en forma de viguetas huecas, situadas a intervalos determinados. Cada una de sus extremidades está unida mediante soldadura a uno de los largueros, perpendicularmente al lado interior de aquéllos.



Figura 1.5 Larguero y travesaños delanteros

Fuente: Duverney Salamanca

1.2.2.4 Piso.

Conjunto de chapas, que están unidas mediante soldadura a los largueros y travesaños, formando una o más superficies que constituyen el fondo de la caja.

1.3 Especificaciones Generales en la Construcción de la Carrocería

Al momento de la construcción de las carrocerías se consideran varios puntos importantes en la elección de los materiales mediante ensayos y pruebas para obtener buenos resultados en cuanto a las siguientes características.

1.3.1 Rigidez

Se considera a la máxima posible con respecto a la flexión y la torsión, para mantener pequeñas las deformaciones elásticas en las aberturas de las puertas y los capós. Son tomadas en cuenta las influencias de la rigidez de la carrocería en las características vibratorias.

1.3.2 Resistencia en servicio.

La gran variedad de esfuerzos y vibraciones generadas en el vehículo gracias a los distintos tipos de terreno al que está sometida la carrocería, llegaría a provocar grietas en el bastidor o la rotura de los puntos de suelda. Las zonas especialmente amenazadas son los puntos de apoyo del tren de rodaje, la dirección y el conjunto de tracción.

1.3.3 Esfuerzos.

Cuando se genera algún tipo de colisión, el vehículo tiene la capacidad de convertir toda la energía cinética generada por el impacto en trabajo de deformación. Ayudando a que el habitáculo no se deforme buscando siempre la seguridad para los ocupantes.

1.3.4 Facilidad de reparación.

Las zonas más expuestas en los pequeños golpes se reparara o cambiara fácilmente, esto significa que nos brinda una gran accesibilidad a las chapas exteriores desde adentro, accesibilidad a los tornillos y también dependiendo de la pieza deformada, esta brindara opciones a la reparación.

1.3.5 Espesor.

El espesor en una carrocería depende del elemento estructural y posicionamiento en el vehículo ya que cada elemento es sometido a distintos esfuerzos con distintas funciones como es el caso de un larguero o travesaño del vehículo que tiene espesores de 1.2 a 2 mm de espesor mientras que puertas o compartimientos pueden tener espesores de 0.7 a 0.8 mm.

1.3.6 Ensayos realizados.

Los ensayos se los realiza con el único objetivo de demostrar la confiabilidad de los vehículos en algún tipo de accidente y clasificarlos según los resultados que dan las pruebas de impacto.

Además que cada persona tiene el derecho de acceder a información de su vehículo proporcionados por estas entidades tanto la Euro Ncap como la LatinNcap para saber la confiabilidad o fiabilidad del vehículos.

Logrando que los fabricantes de vehículos presten atención a la importancia de la seguridad y mejoren las prestaciones de un vehículo cada vez más.

1.4 Partes de la carrocería.

Las carrocerías auto portante se las construye con el fin de reducir al máximo este tipo de afectaciones ya que se las construye como un solo cuerpo brindando tres zonas, una de seguridad en el habitáculo y dos zonas de deformaciones en la parte delantera y trasera del mismo.



Figura 1.6 Zonas estructurales de la carrocería

Fuente: Ramos Artiga María del Carmen.

1.4.1 Zona delantera, trasera y central.

La parte delantera del vehículo es la parte que causa mayor daño a este, ya que significa un 60% del vehículo en caso de una colisión. Su función es de disipar la fuerza cinética generada en un impacto hacia el resto de la carrocería protegiendo el habitáculo. De igual manera la parte posterior absorbe el impacto para evitar que el habitáculo sea afectado por las fuerzas del choque. Ambas partes poseen elementos de deformación programable.

La zona del habitáculo no posee elementos de deformación programable, está diseñada con materiales que soporten colisiones fuertes y que no pierda su forma protegiendo así a los ocupantes de esta zona.

1.5 Tipos de deformaciones.

Los tipos de deformaciones depende tipo de colisión que se genere, puede ser deformación frontal, latera o trasera, afectando cada una de ellas de distintas maneras al vehículo y a los ocupantes del mismo.

1.5.1 Deformación programable.

La deformación programable es algo muy utilizado hoy en día y consiste en brindar propiedades específicas a los componentes de los vehículos para comportarse de una

manera determinada ante un impacto estableciendo puntos débiles donde quieren que se genere una deformación o pliegue de una pieza , absorbiendo la energía producida por la colisión y transmitiéndolo a través del chasis. De esta manera reduciendo el impacto directo producido hacia los ocupantes del vehículo.

Las personas tienen la idea errónea que mientras un vehículo sea más rígido, como son los fabricados hace algunas décadas atrás, más resistencia le va a ofrecer ante una colisión pero este concepto es erróneo ya que al momento de un impacto contra un vehículo rígido, la energía se transmitirá de una manera directa hacia los ocupantes además que los elementos se incrustan en la cabina del vehículo siendo un riesgo potencial para la vida de las personas, mientras que en las carrocerías auto portantes actuales actúan en una colisión absorbiendo la energía posible en un impacto y reduciéndola al mínimo para que el ocupante reciba la menor afectación producida por la energía de un impacto.



Figura 1.7 Prueba de impacto Chevy Malibu 2009 vs Bel Air 1959
Fuente: Institute for Highway Safety

En la figura 1.7 se observa un ensayo de impacto frontal realizado entre un vehículo Chevy Malibu 2009 contra un Bel Air año 1959 donde se observa claramente los resultados de la comparación de una estructura rígida contra una deformable, donde la mayor afectación recibe el vehículo de estructura rígida que a pesar de poseer una extensa parte frontal recibe un daño considerable ya que el daño sobrepasa a la cabina es decir existe incrustación o recorrido de los elementos frontales a la cabina generando daño al ocupante.

Mientras que la cabina del chevy malibu presenta deformación mínima de su cabina, ya que se aprecia la absorción del impacto y distribución de cargas.

1.5.2 Impacto frontal.

Estadísticamente según estudios de los fabricantes, los choques frontales son caracterizados como los más comunes, Es por eso que la parte frontal está diseñada para absorber los golpes directos y dirigirlos hacia el resto de la carrocería.

En un impacto frontal los primeros en absorber los impactos son los largueros inferiores y superiores que son los encargados de absorber y distribuir la energía del impacto a los demás componentes por lo general los largueros frontales se sostienen por un elemento denominado travesaño que atraviesa la carrocería formando parte del chasis del mismo. La distribución de las fuerzas al momento del impacto frontal se indica en la figura 1.8.



Figura 1.8 Distribución de energía en una colisión frontal
Fuente: Ramos Artiga María del Carmen.

1.5.3 Impacto lateral.

En un impacto lateral los primeros en recibir el impacto son los parantes laterales en las puertas del vehículo, además de los largueros situados en los costados del piso del automóvil tomando en cuenta que la cabina del vehículo está diseñada con aceros de alta resistencia, ultra alta resistencia y que son elementos poco deformables su principal

objetivo es la de detener y soportar el impacto, evitando la invasión de cualquier elemento dentro de la zona de seguridad de los ocupantes.

En este caso, es la propia estructura la que dispersara la energía hacia el resto de la carrocería. Por este motivo, el habitáculo se construye de tal manera que mantenga su rigidez y dimensión estructural en caso de colisión. La distribución de las fuerzas en el impacto lateral es la que se muestra en la figura 1.9.



Figura 1.9 Distribución de energía en una colisión lateral
Fuente: Ramos Artiga María del Carmen.

1.5.4 Deformación posterior.

De la misma manera que en la parte frontal, la trasera dispone de elementos estructurales con deformación programada. Debido a la menor incidencia de impactos en esta zona y a la menor gravedad de los mismos, su diseño estructural es menos complejo que en los dos casos anteriores. La distribución de fuerzas después del impacto posterior se indica en la figura 1.10.

Distribución de energía en una colisión trasera



Figura 1.10 Distribución de energía en una colisión posterior
Fuente: Ramos Artiga María del Carmen.

1.6 Tipo de Cargas.

Una carga es una interacción mecánica que hace variar la velocidad de un cuerpo con masa. Existen múltiples clasificaciones de cargas, como pueden ser en función del tipo de interacción, carga de contacto o carga a distancia, o en función de la superficie sobre la que esta se aplique, fuerzas distribuidas o puntuales.

1.6.1 Cargas puntuales.

La carga puntual es la fuerza, carga o peso que se aplica en un punto específico, teniendo así un valor definido sin depender de la ubicación en el cuerpo donde se ejecute estas fuerzas.

1.6.2 Cargas distribuidas

Las cargas distribuidas son aquellas que se distribuyen en una determinada área o superficie de un cuerpo. Es decir no se aplican en forma puntual. La intensidad de la carga varía dependiendo de la superficie que abarque la carga o de la distancia. Al depender de la longitud, la unidad de medida es el Newton/ metro o libra/pies y sus variantes.

Esta carga está representada por la carga y la unidad de longitud. La carga total es igual al área bajo la curva de la carga.

1.6.2.1 Cálculo de la carga tras el impacto.

$$m = 1535 \text{ kg} = 15043 \text{ N}$$

$$v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 19.44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = 0,305 \text{ m tras el impacto}$$

$$kE = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 1535 \text{ kg} \cdot \left(19,44 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 290,048 \text{ J}$$

$$F_{\text{media}} = \frac{-\frac{1}{2} m \cdot v^2}{d}$$

$$F_{\text{med}} = \frac{290048 \text{ J}}{0,305 \text{ m}} = 950977 \text{ N}$$

Donde:

m = masa del vehículo en Kg, N

V = Velocidad del vehículo

KE = Fuerza cinética.

F = fuerza de impacto necesaria para parar el vehículo.

1.7 Materiales.

Aparte de la estética, en el diseño de una carrocería, se toma en cuenta factores de gran importancia como las necesidades estructurales, la ligereza, la calidad de los materiales para brindar la seguridad que los ocupantes requieren y también para tener menor consumo de combustible gracias a la ligereza de los materiales. Es por eso que los fabricantes, desde que el vehículo es un simple boceto en un papel hasta que se ha definido ya todos los detalles para dar comienzo a la fabricación en serie, el vehículo pasa

por una serie de pruebas y ensayos que ayudan a los fabricantes a verificar que cumpla con las medidas de seguridad implementadas a un inicio.

La elección de los materiales en la fabricación de la carrocería dependerá de la ubicación que tenga en el vehículo ya que existen algunos puntos críticos en la carrocería que son los encargados de absorber de absorber las distintas fuerzas al momento de un impacto, distribuyéndolas hacia otros puntos en los cuales no afecte la seguridad del ocupante, por lo que el material que se elija tendrá propiedades mecánicas especiales para cada función. Los materiales que son utilizados con más frecuencia es la chapa de acero gracias a su bajo costo y propiedades de absorción.

1.7.1 Materiales de los vehículos

Hoy en día gracias al avance de la tecnología, los materiales que son utilizados para la construcción de las carrocerías son de diferentes aleaciones de materiales las que ayudan a mejorar las características mecánicas, se obtiene materiales más resistentes y a la vez más ligeros. Gracias a las aleaciones de materiales más evolucionadas que se utiliza, los fabricantes han podido cumplir los objetivos esperados con respecto a los beneficios de estos, reducir el peso de los vehículos sin perder la seguridad estructural de los mismos hacia los ocupantes.

La resistencia y la capacidad con la que una carrocería absorbe la energía de un impacto, depende del material con el que es construido el vehículo, de su espesor aproximadamente de 0.5 a 3 milímetros, dependiendo del esfuerzo que vaya a soportar la pieza, y la forma del vehículo. También es importante la ligereza del material y la capacidad de deformación del mismo, ya que cuando menor sea la masa de la carrocería, menor será la energía que se va a disipar a cierta velocidad.

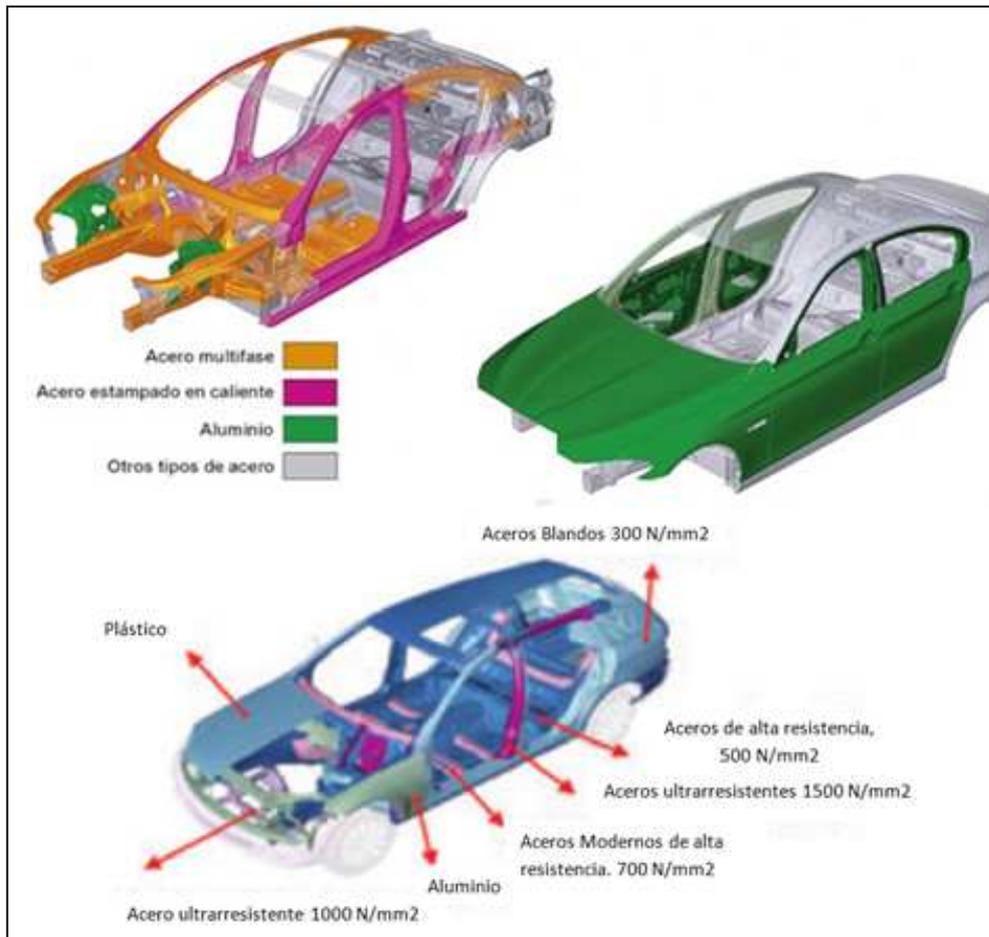


Figura 1.11 Carrocería con distintas alecciones de acero y otros
Fuente: Centro Zaragoza.

En la mayoría de los casos y para no decir casi siempre, las carrocerías están fabricadas de acero, aleado con distintos materiales con el objetivo de mejorarlo. El único inconveniente del acero es su alta densidad, lo que hace que el acero sea uno de los materiales con la función estructural más pesada, pero a pesar de eso, gracias a sus características mecánicas, sigue siendo el material más utilizado en el sector automotriz.

1.7.2 Propiedades de los Materiales.

Las propiedades son características definidas que tienen los materiales y que hacen que estos se comporten de formas determinadas ante acciones externas como el calor, la luz o fuerzas aplicadas. Dentro de las principales y más importantes propiedades de los materiales se tiene: propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades mecánicas.

1.7.2.1 Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas son las propiedades básicas de comportamiento que tiene un material y cómo reacciona ante reacciones físicas exteriores. Entre los más importantes están: el calor específico, dilatabilidad, punto de fusión, conductividad térmica y eléctrica.

1.7.2.2 Propiedades Químicas.

Dentro de las propiedades químicas existen dos propiedades importantes y se refiere a la resistencia que ponen los materiales frente a acciones químicas y atmosféricas. Estas propiedades son: la oxidación y la corrosión.

1.7.2.3 Propiedades mecánicas.

Se puede afirmar que las propiedades mecánicas son las más importantes ya que al momento de la elección de un material, se verifica que tan resistentes son al aplicar fuerzas externas y así determinar el uso que se le dará al material. Las propiedades mecánicas de los materiales nos ayudan a identificar la capacidad que tienen los mismos para resistir a fuerzas que actúan momentáneamente en el material, en este caso, las fuerzas que actúan después de una colisión o impacto. A continuación una explicación de las propiedades mecánicas más importantes.

a) Tenacidad.

Esta es la propiedad que permite a los materiales a resistir los esfuerzos de rotura o deformación, en otras palabras es la capacidad del material para absorber energía hasta un punto máximo antes de que se llegue a romper.

$$\textit{Tenacidad Unitaria } T.U = A_T = \frac{1}{2}(\sigma_{YP} + \sigma_{max})\varepsilon_{max}$$

b) Elasticidad.

Esta propiedad es la que permite que el material recupere su forma original después de haberse deformado por la aplicación de una fuerza. Dentro de la elasticidad existen otras propiedades derivadas de la misma.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

σ = Ezfuerzo.

ε = *Deformacion.*

E = *Modulo de elasticidad*

c) Limite elástico:

Es una fuerza máxima aplicada que resiste el material sin llegar a tener una deformación permanente. En la tabla 1.1 podemos observar algunos valores de los limites elásticos de ciertos materiales.

Tabla 1.1 Valor del límite elástico de algunos materiales

Material	Aleaciones de aluminio	Hierro	Acero 0,15% C	Acero 0,25% C	Acero 0,45% C	Acero inox. de muelles
Límite elástico	De 150 a 350 N/mm ²	200 N/mm ²	280 N/mm ²	300 N/mm ²	400 N/mm ²	De 1.500 a 2.000 N/mm ²

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García.

d) Alargamiento de rotura.

Es el alargamiento máximo sin rotura, es el incremento de longitud que el material ha tenido, que se le dé por la acción de tracción del material. Se expresa en porcentajes sobre la longitud inicial del material.

e) Plasticidad.

Esta propiedad demuestra la capacidad que tiene un material para deformarse ante la aplicación de una fuerza externa y que cuando se deja de aplicar la fuerza no regresa a su forma natural, sino que se mantiene con la deformación permanente e irreversible.

f) Maleabilidad.

Esta propiedad solo tiene algunos metales para reducirse en forma de láminas mediante la acción de fuerzas que compriman el material. En otras palabras, se refiere a la propiedad de los materiales para deformarse sin romperse obteniendo laminas.

g) Ductilidad.

Esta propiedad permite a algunos materiales, mediante la acción de fuerzas externas de tracción, estirarse sin llegar a romperse pero obteniendo hilos metálicos. Los materiales que poseen esta propiedad se los denomina dúctiles, y los materiales no dúctiles se los considera como frágiles, aunque los materiales dúctiles también lleguen a romperse bajo la acción de grandes esfuerzos o deformaciones.

h) Fragilidad.

Es la propiedad de romperse o no fácilmente bajo la acción de un choque. Un material frágil es aquel que se rompe después de aplicar una fuerza y rebasar el límite elástico sin presentar ningún tipo de deformación plástica.

La ductilidad y la fragilidad se miden a través de:

$$\%elongacion = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

$$\%reduccion\ de\ area = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

Donde:

L_o = Longitud inicial.

L_f = Longitud final.

A_o = Área inicial.

A_f = Área final.

i) Fatiga.

Cuando a un metal se somete a esfuerzos de sentido variable, puede romperse aplicando cargas muy inferiores a su resistencia a la rotura normal para un esfuerzo de tensión constante. Las fallas por fatiga de un material se genera por tres etapas, la primera inicia con una pequeña grieta en el material, será por imperfecciones de fábrica o ralladuras, la segunda etapa se refiere a la propagación de la grieta por la aplicación de las cargas variables y la tercera es la ruptura de la pieza lo cual ocurre cuando la grieta a avanzado demasiado.

j) Resistencia a la rotura.

Se denomina como resistencia a la rotura a la acción de una fuerza o carga que genera un leve estiramiento en el material con tan solo una mínima reducción de su sección hasta que el material llegue a la rotura. En otras palabras es la carga máxima que un material puede soportar sin llegar a romperse.

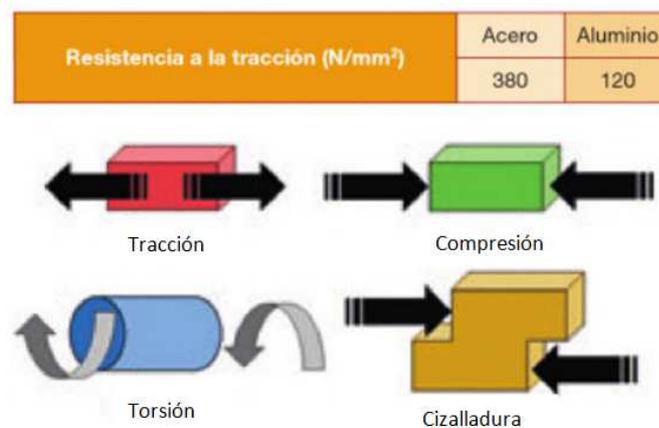


Figura 1.12 Diferentes tipos de esfuerzos de rotura
Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

k) Dureza.

Es la propiedad que tiene un material para oponerse a la deformación ocasionada por otro cuerpo más duro, es decir, es la resistencia que pone un cuerpo para no ser rayado por otro.

l) **Resiliencia.**

Se refiere a la resistencia que tiene un cuerpo ante la ruptura por acción de un choque o una sacudida. Esta propiedad es todo lo contrario a la fragilidad, es decir que un material resiliente no es frágil. En otras palabras es la energía que absorbe un material al romperse de un solo golpe.

$$R.E.U = A_1 = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon$$

Donde:

R.E.U= Resiliencia elástica unicaria.

A_1 = Área.

σ = Volumen en el límite proporcional.

ε = Esfuerzo.

m) **Fluencia.**

Esta propiedad es propia de ciertos materiales que tienden a deformarse de forma lenta y por si solos ante la acción de fuerzas muy pequeñas o por la acción de su propio peso.

n) **Maquinabilidad.**

Cuando se habla de maquinabilidad se refiere a varias propiedades como: la velocidad con la que se puede mecanizar un material al someterle a trabajos con máquinas, clase de viruta producida, capacidad de desgaste por herramienta y tipo de acabado superficial que da.

1.7.3 Aleaciones.

Hoy en día la utilidad que se les da a los materiales en la construcción de las carrocerías, exige una gran serie de características referentes a la seguridad de los ocupantes que obliga a mejorar las cualidades y propiedades naturales del material. Para obtener estas mejoras y generar un material con mayor rendimiento a uno en estado

natural se realiza las aleaciones entre metales consiguiendo un conjunto de características difíciles de obtener en los metales puros.

1.8 Aceros al carbono.

A los aceros al carbono se los llama también aceros no aleados. Dentro de su composición posee hierro, carbono, pequeñas cantidades de manganeso y silicio, como impurezas del material está el fósforo y el azufre pero en cantidades muy limitadas a un máximo del 0.0035% (Estructuras del vehículo 2ª edición- AGUEDA).

A los aceros al carbono se los clasifica en tres grupos, aceros de bajo carbono, aceros de carbono medio y aceros de alto carbono. Esta clasificación depende de la cantidad de carbono que tenga el material, lo cual se explica a continuación.

1.8.1 Aceros de bajo carbono.

Los aceros de bajo carbono denominados también como acero suave o aceros dulces, contienen un porcentaje de 0.1% a 0.3% de carbono, lo que es insuficiente para someterse a endurecimiento por temple. Estos son fácilmente deformables, cortables, maquinables y de fácil soldadura, en pocas palabras son aceros muy trabajables, aceros extra suaves de 0.1 a 0.2 % de carbono y aceros suaves de 0.2 a 0.3 % de carbono.

1.8.2 Acero de carbono medio.

Este tipo de aceros abarca un grupo de aceros semisuaves de 0.3 a 0.4% de carbono y aceros semiduros de 0.4 a 0.5% de carbono, este tipo de aceros se emplea cuando se necesita mayor resistencia ya que mantienen aún el comportamiento dúctil. Este acero al ser más resistentes y duros se necesita precauciones especiales al momento de soldar, se necesita tratamientos térmicos y material de aportación especial para soldadura. Con estos aceros se hacen piezas para maquinarias como ejes y engranajes.

1.8.3 Aceros de alto carbono.

Los aceros de alto carbono son aceros duros de 0.5 a 0.6% de carbono y aceros extra duros de 0.6 a 1.7% de carbono, este tipo de acero, mientras más aumenta el porcentaje de carbono son más aptos al temple, resulta más duros y resistentes pero a la vez más frágiles.

La cantidad de carbono en lo aceros determina la dureza, la resistencia y la ductilidad de los aceros. Cuando tiene una alta cantidad de carbono, su resistencia y dureza es alta, pero al contrario, cuando la cantidad de carbono es baja, la ductilidad es alta pero la dureza y la resistencia son bajas.

1.9 Clasificación de los aceros por su resistencia.

El material más utilizado en la actualidad tanto para carrocerías como estructuras es el acero en diferentes grados de durezas y aleaciones. Es un material muy utilizado por las distintas características que ofrece a los fabricantes y sus prestaciones como es el costo el costo del acero, además de su peso en comparación con otros metales. Básicamente la diferencia entre los aceros convencionales antes usados y los aceros de alta resistencia usados actualmente, está en la resistencia a la tracción y el límite elástico. Por a la presencia de varios elementos en diferentes porcentajes en el acero, el material resulta ser muy apto para ser reparado después de daños sufridos después de algún impacto. Dentro de las ventajas de utilizar este tipo de material es que se logra construir una carrocería más ligera, brindando mayor seguridad a sus ocupantes, ya que gracias al alto límite elástico del material se puede tener una mayor resistencia de la pieza disminuyendo el espesor de la misma. También llegan a soportar altos esfuerzos dinámicos sin romperse. Hay que tener en cuenta que es utilizado en la mayoría de vehículos comunes.

1.9.1 Clasificaciones del acero

Existe una clasificación amplia para los distintos tipos de acero o sus aleaciones por lo generalmente se los divide en tres grandes grupos y se los han clasificado por sus propiedades mecánicas como son límites elásticos, límites plásticos, puntos de ruptura.

1.9.2 Clasificación de aceros convencionales:

- Aceros de alta resistencia
- Aceros de muy alta resistencia
- Acero de ultra alta resistencia

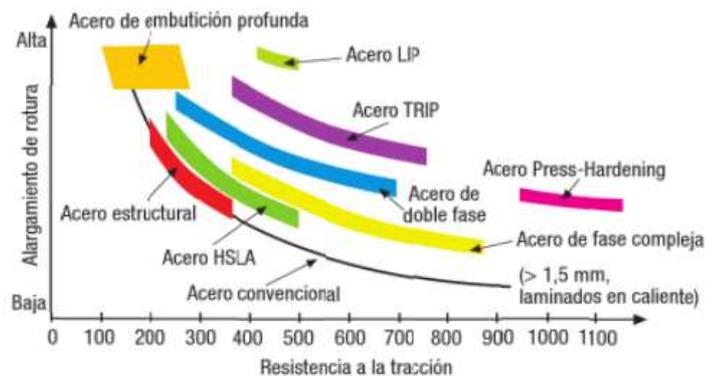


Figura 1.13 Características de algunos tipos de aceros

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

Tabla 1.2 Tipos de aceros y sus límites elásticos

Tipo de acero	Acero	Límite elástico (Mpa)
Aceros convencionales de conformación en frío		< 230
Aceros convencionales laminados en caliente y decapados		< 250
Aceros de alta resistencia HSS (High Strength Steel). Aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA (High Strength Low Alloy).	Bake Hardening (BH)	160 ... 300
	Refosforado (RP)	> 220
	Aceros (IF)	> 220
	Microaleado (HSLA)	> 350
Aceros avanzados de alta resistencia AHSS (Advanced High Strength Steel). Aceros de muy alta resistencia VHSS (Very High Strength Steel) Aceros de extra alta resistencia EHSS (Extra High Strength Steel)	Doble fase (DP)	500 ... 600
	Plasticidad inducida por transformación (TRIP)	600 ... 800
	Fase compleja (CP)	800 ... 1000
Aceros de ultra alta resistencia UHSS - THLE (Ultra High Strength Steel). Aceros ultrarresistentes de baja aleación UHSLA (Ultra High Strength Low Alloy)	Martensíticos (MS)	1.000 ... 1.300
	Acero al boro (Bor) (USIBOR)	> 1.250

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

1.9.2.1 Aceros convencionales.

Un acero convencional es acero dulce sus principales características es que no presenta ninguna aleación y posee un bajo contenido de carbono lo que resulta de sus características especiales ya que al ser un material blando se lamina y se obtienen una facilidad de manejo y moldeo del mismo.

Pero es su límite elástico es bajo por lo que cuando se requiere mejorar sus características elásticas se utilizan varias capas de láminas para mejorar la resistencia a cargas o esfuerzos.

a) Aplicaciones.

Ya que su límite elástico es bajos, se lo emplea para la elaboración de elementos que tengan una baja carga estructural es decir que no brindan ningún tipo de soporte al cuerpo estructural del vehículo como son paneles de las compuertas, alerones, guardabarras, portones traseros.

b) Reparación.

Al ser un elemento de baja resistencia su reparación no suele ser complicada además de presentar características buenas para la soldadura.

Tabla 1.3 Limite elástico de los aceros convencionales.

Tipo de acero	Limite elástico
Acero convencional formado en frio	<230
Acero convencional formado en caliente	<250

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

1.9.2.2 Aceros de alta resistencia.

Estos aceros se clasifican de acuerdo a su tipo de endurecimiento es decir el modo en que se los realiza o cambiaron sus propiedades físicas mecánicas del material. Se clasifican en:

a) **Aceros bake-hardening.**

Es un acero tratado a bajas temperaturas por un periodo de tiempo se conoce como un tratamiento de cocción del metal tratado conocido como bake-hardening y lo que se busca mejorar son su propiedades elásticas del material. Una vez realizado este tratamiento el metal llega a mejorar su límite elástico soportando y superando los 40 MPa con esto se puede obtener una reducción del espesor del material empleado, generando una reducción de considerativa de su peso.

I. Aplicaciones.

Se utiliza tanto en zonas de baja responsabilidad estructural como paneles de puertas, capos, guardabarros y en piezas estructurales como bastidores inferiores, refuerzos, travesaños.

II. Reparación

Como es un acero que ya presenta un mayor imite elástico en comparación al convencional se necesita aplicar una mayor esfuerzo para su reparación. su soldabilidad sigue siendo buena al presentar baja aleación.

Tabla 1.4 Limite elástico Aceros Bake-Hardening.

Tipo de acero	Acero	Limite elastico
Acero de alta resistencia	Bake hardening	160-300

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

b) **Aceros Refosforados o aleados al fosforo**

Como su nombre mismo lo indica es un acero con contenido de fosforo su presencia de este material llega a un 0.12%, que al momento de unirse o mezclarse con el acero llegara a alcanzar un límite elástico muy alto y una buena resistencia a la rotura. Este acero a más de ofrecer una alta resistencia, presenta facilidad de estampado. A continuación se indica una tabla con el porcentaje de elementos que lo conforman.

Tabla 1.5 Composición aceros re fosforados

ACEROS REFOSFORADOS	COMPOSICIÓN					
	Carbono	Silicio	Fósforo	Aluminio	Manganeso	Niobio
	0,06 %	0,04 %	0,09 %	0,012 %	0,3/0,6 %	0 %

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

I. Aplicaciones.

Son utilizados en elementos estructurales o que estén sometidas a cargas además de ser usados como refuerzo de algunos elementos de la carrocería son usados en la fabricación de travesaños, largueros, pilares.

II. Reparación.

Al igual que los aceros de alta resistencia necesitan un esfuerzo considerable para su reparación y su soldabilidad sigue siendo buena ya que el porcentaje de otros elementos aleados es bajo.

Tabla 1.6 limite elástico aceros re fosforados

Tipo de acero	Acero	Limite elástico
Acero de alta resistencia y baja aleación	Acero re fosforados	>220

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

c) Aceros IF, aceros libres intersticiales.

Es un acero categorizado dentro de los que contienen bajo porcentaje de carbono y de alta resistencia, como su nombre lo indica es un acero que no posee elementos intersticiales que son aquellos que pueden deterioran y generan defectos estructurales produciendo espacios entre los átomos distorsionando sus proximidades.

Es un acero que se adecua y es apta para el proceso de embutición debido a sus características especiales, es muy utilizado para la fabricación de piezas automotrices como son elementos aceros muy utilizados en la industria automotriz debido a su capacidad de absorber impactos.

I. Aplicaciones.

El acero IF es muy utilizado en la industria automotriz tanto en piezas estructurales diseñadas para absorber impactos como son larguero, travesaños y en componentes como paneles de puertas, capos, guardabarros.

Tabla 1.7 Limite elástico Aceros IF.

Tipo de acero	Acero	Limite elástico (Mpa)
Acero de alta resistencia y baja aleación	Acero IF	>220

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

d) Aceros Microaleados, ALE.

Este tipo de acero se caracteriza por ser bajo en contenido de carbono y tener una elevada ductilidad. Este acero es una aleación que posee mejores propiedades mecánicas que los aceros convencionales y es construido para cumplir con requerimientos mecánicos específicos. Este tipo de aceros se los realiza generando una alteración del tamaño del grano del metal además de alearlos con metales como son el titanio, niobio o cromo con el fin de aumentar su dureza, su principal característica en esta aleación es la de mejorar su resistencia a la fatiga. Se obtiene un material con una tensión de rotura que va de 370 a 500 N/mm² y un alargamiento mínimo del 15 al 22%. Este tipo de acero es utilizado para las partes internas que forman la estructura del vehículo, que posean una alta resistencia a la fatiga. A continuación se indica una tabla 1.4 con el porcentaje de elementos que lo constituyen.

I. Aplicaciones.

Piezas estructurales del chasis como son travesaños, largueros, refuerzos interiores de las compuertas o paneles.

II. Reparación.

Se necesita aplicar cargas considerables para su reparación y al ser un material con bajas aleaciones presenta una buena soldabilidad del mismo.

Tabla 1.8 Composición aceros micro aleados

ACEROS MICROALEADOS	COMPOSICIÓN							
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Al %	Nb %	Ti %
	máx. 0,10	máx. 0,50	máx. 0,80	máx. 0,025	máx. 0,025	mín. 0,015	máx. 0,090	máx. 0,15

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

Tabla 1.9 limite elástico acero micro aleado.

Tipo de acero	Acero	Limite elástico (Mpa)
Acero de alta resistencia y baja aleación	Acero micro aleado	>350

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

1.9.2.3 Aceros de muy alta resistencia:

Conocidos como aceros multifase con tratamientos térmicos que generalmente son usados para la construcción de elementos que soporten esfuerzos y absorban energía.

a) Aceros doble fase, Dual Phase.

Este acero se caracteriza por tener una buena aptitud para la distribución de las deformaciones y por tener una alta resistencia mecánica, esta resistencia mecánica genera una buena resistencia a la fatiga, lo que le convierte en un acero con una gran capacidad para absorber energía. También permite aligerar las piezas de los vehículos, reduciendo el grosor de las chapas, es por eso que estos aceros son utilizados en la construcción de piezas estructurales del vehículo, tales como largueros, travesaños y refuerzos, gracias a sus propiedades mecánicas.

Este material es sometido a un proceso termodinámico para la obtención del mismo, este proceso consiste en un aumento rápido de la temperatura en el proceso de requemado

del material, controlando después el enfriamiento, después se aplica un revestimiento para mejorar la plasticidad del mismo.

La tensión de rotura del material va desde los 500 a 600 N/mm² y un alargamiento mínimo del 22%. A continuación se observa el porcentaje de los varios elementos que constituyen su composición.

Tabla 1.10 Composición aceros doble fase

ACEROS DE DOBLE FASE	COMPOSICIÓN					
	Carbono	Silicio	Fósforo	Aluminio	Manganeso	Niobio
	0,06 %	0,04 %	0,04 %	0,012 %	1,3 %	0,010 %

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

I. Aplicaciones.

Gracias a sus propiedades mecánicas y como consecuencia a sus aleaciones, se convierte en un material de los más utilizados al aligeramiento en la totalidad del material en comparación con los aceros convencionales. Se utiliza en la construcción de piezas estructurales del vehículo, tales como largueros, travesaños y refuerzos, gracias a sus propiedades mecánicas.

II. Reparación.

Por lo general enderezar partes de vehículos impactados construidas con este tipo de acero, es complicado debido a su alto límite elástico, lo que es obligado a ser sometido a mayores esfuerzos en su reparación y en algunos casos se lo repara calentando el material.

Tabla 1.11 límite elástico acero doble fase

Tipo de acero	Acero	Límite elástico (Mpa)
Aceros avanzados de alta resistencia	Doble fase	500-600

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

b) Aceros Trip, Transformation induced plasticity.

Este es un acero que se utiliza para la construcción de las piezas que forman la estructura del vehículo que soportan altos esfuerzos, su principal característica es el equilibrio entre resistencia y ductilidad. Por su composición este tipo de material permite obtener alargamientos elevados gracias a su buena distribución de la deformación y una resistencia mecánica de 600 a 800 N/mm², por lo tanto obtiene el peso de las piezas y aumentar la capacidad de absorción de energía del material.

I. Aplicaciones.

Estos aceros son utilizados en piezas que forman parte de la estructura del vehículo, como largueros, travesaños y otras que garantizan la seguridad de los ocupantes debido a su alta capacidad para absorber energía.

II. Reparación.

Debido a que es un acero que tiene un porcentaje de carbono más alto en comparación a los otros aceros, al momento de reparar las piezas se aumenta los esfuerzos que se realiza para enderezarlas al igual que la intensidad en los procesos de soldadura. La reparación en sí de este tipo de acero es complicado por su alto límite elástico en comparación a los que presentan una menor resistencia.

Tabla 1.12 límite elástico acero de plasticidad inducida por transformación

Tipo de acero	Acero	Límite elástico (Mpa)
Aceros de muy alta resistencia	Plasticidad inducida por transformación (TRIP)	600-800

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

c) Aceros de fase completa.

Los aceros de fase completa son aceros que tienen un bajo porcentaje de carbono, que es inferior al 0.2%. Como elementos constituyentes del acero se tiene el magnesio, silicio, cromo, molibdeno, boro y microaleantes para mejorar el afinamiento del grano, estos son niobio y titanio.

I. Aplicaciones.

Gracias a la composición del acero, dentro de sus características, presenta una elevada absorción de energía y una alta resistencia a la deformación, por lo que las piezas que se fabrican con este acero son las que protegen a los ocupantes para que no se introduzcan elementos externos hacia el vehículo, como el motor, u otros elementos que pongan en riesgo a los ocupante. La estructura de la cabina del vehículo es construida con este tipo de acero.

II. Reparaciones.

Las reparaciones se complican por su alto límite elástico, por lo que al repararle se aplica fuerzas muy considerables a comparación de otro tipo de aceros.

Tabla 1.13 limite elástico acero fase compleja

Tipo de acero	Acero	Limite elástico (Mpa)
Aceros de extra alta resistencias	Fase compleja	800-1000

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

1.9.2.4 Aceros de ultra alta resistencia.

Los aceros de ultra alta resistencia son 4 veces más resistentes, lo que haría pensar que es un acero mucho más pesado, pero en realidad es más liviano que los aceros convencionales. La principal característica de estos aceros es la gran absorción de energía y su alta resistencia y capacidad para no deformarse. A continuación se explica una clasificación de este tipo.

a) Aceros Martensíticos.

A este tipo de aceros se las conoce también como aceros inoxidable que están aleados con un gran porcentaje de carbono y otros elementos. Se los llama aceros martensíticos por que presentan un micro estructura compuesta por martensita, que es ferrita deformada por el carbono que no pudo difundirse. Tienen una buena resistencia a la corrosión y resistencia mecánica, son aceros que alcanzan limites elásticos de hasta 1400 MPa.

I. Aplicaciones.

Por su alta rigidez, estos aceros son utilizados para la construcción de piezas ubicadas en el habitáculo de los pasajeros que eviten la introducción de objetos a la zona del pasajero.

II. Reparaciones.

La reparación de este material es complicado por el alto límite elástico que este tiene. Por lo general después de un impacto, se debe cambiar por completo la pieza dañada.

Tabla 1.14 límite elástico acero martensíticos

Tipo de acero	Acero	Límite elástico (Mpa)
Aceros de ultra alta resistencia	martensíticos	1000-1300

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

b) Aceros al Boro.

El acero está principalmente compuesto por hierro y carbono, pero a este tipo de acero se le agrega boro para cumplir con características especiales, entre otros elementos más en distintos porcentajes, lo que resulta ser un acero con un alto grado de dureza. Gracias a sus propiedades mecánicas este acero es muy ligero a comparación con los aceros de alto límite elástico convencional. Un bajo porcentaje de boro logra aumentar el endurecimiento del acero, también aumenta el endurecimiento al combinarse con el carbono, lo que le da un revestimiento duro. Su límite elástico es mayor a 1250 MPa lo que es apropiado para la construcción de elementos que evitan la introducción de piezas a la cabina de pasajeros durante el impacto.

I. Aplicaciones.

Con estos aceros se fabrican piezas que soporta la introducción de elementos a la cabina de los pasajeros, tal como vigas de parachoques, refuerzos de las puertas, refuerzo central del vehículo y travesaños, gracias a su alto límite elástico y su baja capacidad para deformarse.

II. Reparación.

Por consecuencia de su alto límite elástico y su dureza, se torna muy complicado la reparación o enderezamiento de la pieza afectada, así que como solución se recurre a la sustitución de la pieza.

Tabla 1.15 limite elástico aceros al boro

Tipo de acero	acero	Limite elástico (Mpa)
Aceros de ultra resistentes de baja aleación	Aceros al boro	>1250

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

CAPITULO II.

2 Normativas

2.1 Normativa Euroncap.

Euroncap(European New Car AssessmentProgramme, "Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos") es una entidad que se encarga de valorar los niveles de seguridad en los vehículos con el fin de dar resultados que son accesibles por cualquier persona para obtener los resultados de las pruebas de su propio vehículo.

Esta entidad entro en funcionamiento en el ano de 1996 realizando pruebas de impactos frontales y con cada año fueron aumentando el número de ensayo de impactos como son laterales, posteriores entre otros.

Euroncap siempre está en constante innovación presentando nuevos tipos de ensayo o nuevas verificaciones a los vehículos incrementando los niveles de dificultad que debe superar un vehículo, para que los fabricantes cada vez diseñen y produzcan vehículos más seguros para las ocupantes del vehículo como para peatones.

Inicialmente su valoración era dada por estrellas según la seguridad presentada por el vehículo, actualmente han tomado la decisión de adicionar de valoraciones en base a porcentajes individuales de cada zona del vehículo según su efectividad de los resultados de los ensayos de impactos realizados por esta misma entidad.

2.2 LatinNcap.

LatinNcap es una entidad que inicio en el año 2010 entro en operación en el 2014 recientemente en funcionamiento y se encuentra conformada por algunos países de Sudamérica que han apoyado esta iniciativa de tener su propio ente para realizar pruebas y valoraciones de seguridad.

En la actualidad latinNcap realiza solo ensayos de impactos frontales por lo que la valoración de un vehículo es limitada, se espera que en los próximos años lleguen a implementar más pruebas.

Un factor limitante para latinNcap es el presupuesto en comparación a la euroNCap que posee varios auspiciantes además del apoyo de los países y que tienen el acceso a varios vehículos para los ensayos por lo que esta entidad latinoamericana ha tenido que adoptar reglamentos de hace varios años.

2.2.1 Miembros fundadores de latiNcap.

Los miembros fundadores de Latin NCAP: Automóvil Club Boliviano, Automóvil Club de Chile, Automóvil Club de Colombia, Automóvil Club de Costa Rica, Automóvil Club del Uruguay, Consumidores Argentinos, Federación Iberoamericana de Asociaciones de Víctimas contra la Violencia Vial (FICVI), FIA Region IV, Fundación Gonzalo Rodríguez, Fundación MAPFRE, International ConsumerResearch&Testing (ICRT), ODECU y PROTESTE.

Los miembros suscriptores de Latin NCAP son: ASPEC, Centro para la Defensa del Consumidor, CESVI Argentina, CESVI Brasil, CESVI Colombia, FUNDECOM y OMDAI.

2.3 NHTSA, national highway traffic safety administration.

Es una entidad privada que se encarga de valorar y evaluar a los vehículos que ingresan a estados unidos bajo normas americanas.

Fue fundada en el año 1970 y que se formó bajo la función de varias agencias, su principal objetivo es que los vehículos tengan las mejores prestaciones seguras para los ocupantes.

Su valoración de los vehículos se basa en estrellas al igual que la Euroncap y Latincap.

2.3.1 Pruebas.

La prueba de impacto frontal tipo estándar se realiza a 56km/h (35 mph) contra una barrera fija. Hasta el año 2006 la NHTSA no se realiza esta pruebas en la modalidad de impacto frontal tipo off set la que es más exigente. La prueba de impacto lateral tipo estándar se realiza a 62km/h (38.5 mph) contra una barrera móvil. Hasta el año 2006 la NHTSA no se realiza pruebas complementarias de impacto lateral tipo poste de luz. La NHTSA no realiza pruebas orientadas a medir la seguridad de niños a bordo ni de peatones en caso de atropello.

2.4 Normas y homologación de impacto frontal y lateral para vehículos.

Para que un vehículo transite sin ningún inconveniente en el lugar que sea comercializado, serán fabricados cumpliendo las normas solicitadas en dicho lugar. Dentro de las normas mediante las cuales se fabrican los vehículos son las normas UN antes conocidas como UNECE, estas procuran y garantizan la seguridad a los ocupantes mediante los elementos de seguridad pasiva del vehículo.

Hay dos normas que son fundamentales para la homologación, la norma UN94 y UN95, las que se refieren a impactos frontal y lateral respectivamente.

Los laboratorios donde se realizan estos ensayos para las homologaciones son laboratorios autorizados, respaldados y controlados por los gobiernos, esto lleva a que cada país donde ya se realicen estos ensayos con esas normas, sea responsables de que los vehículos homologados que vayan a transitar por las vías, cumplan con los requerimientos solicitados y así brindar seguridad a los ocupantes. Una ventaja de estas normas es que no únicamente examinan en el requerimiento técnico, sino que se efectúa un seguimiento al vehículo para comprobar que se siga cumpliendo dichos requerimientos de seguridad después de un periodo de tiempo.

El gobierno de Ecuador a finales del año 2014 ha pautado varias exigencias para los nuevos vehículos que se comercializaran en el país, una de estas exigencias será la obligatoriedad de certificados de aprobación de las pruebas de impacto frontal y lateral (normas UN94 Y 95).

En Ecuador con el tiempo se ha ido desarrollando nuevas exigencias a cumplir con respecto a la seguridad de los vehículos. Con este tipo de normas recientemente aplicadas en el país se exige los mínimos elementos de seguridad que tienen los vehículos para venderse dentro del país (doble airbags, frenos ABS, apoya cabezas). Es muy importante la calidad de la estructura de los elementos de seguridad que poseen los vehículos, existen autos que tienen airbags pero son tan débiles estructuralmente que al momento de sufrir un impacto los ocupantes sufrirán lesiones sumamente graves que les llevarían a la muerte. Existen vehículos que poseen guardachoques que no son deformables por lo que no absorben la fuerza de los impactos, lo que genera lesiones sumamente graves a los ocupantes. Las normas UN 94 y UN 95 verifican justamente eso, si el vehículo cumple con los requerimientos de seguridad y es seguro o no para los ocupantes en el caso de sufrir cualquier tipo de impacto.

2.4.1 Pruebas en los vehículos.

Las pruebas realizadas por estas normas son a 56km/h contra una barrera deformable estática que simula ser otro vehículo y con una superficie en contacto del 40% del frente del auto. El impacto no se lo realiza con la superficie frontal del vehículo al 100% en contacto ya que se saca un promedio del porcentaje tomando en cuenta las maniobras realizadas por el conductor para evadir el impacto eminente. Hay que tomar en cuenta que se realiza a esta velocidad de 56 km/h ya que simula al vehículo impactando a otro vehículo del mismo tamaño y que van a la misma velocidad de 48 km/h. La diferencia de la velocidad entre las normas Latin NCAP y la UN 94 es que en esta se realizan dos

pruebas, la primera a 56 km/h y la segunda a una mayor velocidad, obligándola a cumplir con los mismos requerimientos de seguridad en ambos casos.



Figura 2.1 Prueba de impacto frontal
Fuente: Ancosev.

2.4.2 Reglamento vehicular N° 94 de las naciones unidas (UN94).

Este reglamento es una norma técnica mediante la cual se exige el cumplimiento de los requisitos de seguridad hacia los ocupantes, de igual manera la comprobación de los mismos. Dentro de las pruebas realizadas, hay que tomar en cuenta que esta norma aplica para vehículos livianos de la categoría M1.

2.4.3 Ensayos.

Cuando se realiza el ensayo es necesario cumplir con dos aspectos, se verificara y especificara el tipo de terreno de ensayo y la barrera a impactar, esto es importante ya que la barrera cumplirá con ciertas características, ser deformable, perpendicular a la trayectoria del vehículo, el peso similar al del vehículo y estará anclado al suelo.

Al momento de situar el vehículo para realizar la prueba, hay que tomar en cuenta que se impactara únicamente el 40% de la superficie frontal del mismo, para considerar los aspectos antes mencionados, así que se alinea al vehículo en dicha posición como

indica la figura 2.2 y se observa que el primer contacto con la barrera se producirá por el lado de la columna de la dirección, ya que en varios casos la columna de la dirección se ha introducido a la cabina provocando la muerte del conductor.

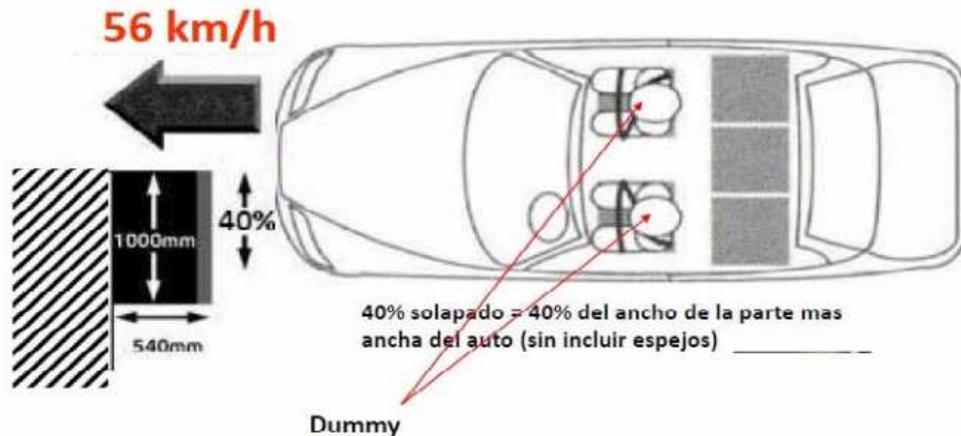


Figura 2.2 Ensayo tipo offset con impacto en barrera
Fuente: Ancosev.

El vehículo seleccionado para realizar la prueba de impacto, será un vehículo con la implementación más simple posible y los más comunes adquiridos en el mercado. Tendrá todo el equipamiento normal y para simular a los pasajeros se implementara pesos extras tomando en cuenta que el peso no afecte al obtener los resultados. Para evitar accidentes y simular que el vehículo está cargado con combustible, este es reemplazado por agua en su volumen y los otros líquidos serán reemplazados cuidadosamente por pesos similares. Normalmente los vidrios están cerrados al momento de la prueba, pero si se llega a algún acuerdo con el fabricante, se los mantiene abiertos. Se especifica también la posición del volante, de los retrovisores, los apoyacabezas, los dos asientos delanteros estarán en la posición intermedia de recorrido, ya que simula la distancia que utiliza una persona de estatura promedio, las puertas estarán cerradas, pero sin seguro. Se aplicaran los sistemas de retención con que cuenta el vehículo. La unidad a ensayar será propulsada por su propio motor o por cualquier otro dispositivo de propulsión. La velocidad en el momento

del impacto será de 56 km/h. si el ensayo se lo realiza a una mayor velocidad y sigue cumpliendo con los requisitos, el ensayo será satisfactorio.

2.4.4 Mediciones que se evalúa en el vehículo.

Se obtienen mediciones realizando una evaluación de los datos que proporcionan los distintos sensores. Determinando la gravedad del accidente o el impacto, y que obtienen la distribución de las energías o fuerzas a las que es sometido un vehículo, y que actúan en la carrocería.

a) Desaceleración.

Un acelerómetro es usado para medir la gravedad del impacto y la desaceleración que sufre el vehículo de manera instantánea al entrar en contacto o el momento de impacto con el obstáculo, midiendo la desaceleración progresiva hasta la detención del vehículo.

El acelerómetro por lo general es ubicado en el centro de gravedad del vehículo, en los pilares o parantes centrales del mismo, en la localidad donde se va a realizar posteriormente el impacto.

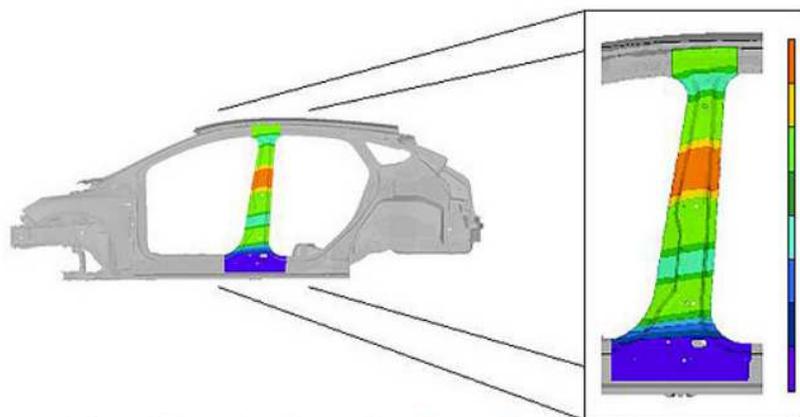


Figura 2.3 Pilar donde se fija el acelerómetro
Fuente: Ancosev.

2.4.4.2 Desplazamiento del volante.

Teniendo en cuenta que el vehículo en la actualidad es diseñado son zonas con deformación programable, la columna de dirección es una de ellas, es decir que al momento de un impacto la columna de dirección tiende a deformarse evitando así su

incrustación en el habitáculo, pero aun así existe un cierto recorrido del volante dentro del mismo, por lo que es analizada la afectación que puede generar al ocupante.

Se realiza la medición del recorrido del volante tanto en horizontal como en vertical y se determinan los daños causados a los ocupantes

2.4.4.3 Puertas.

Durante el ensayo se verifica que ninguna de las puertas llegue a abrirse, ya que presenta un alto riesgo que los pasajeros puedan salir impulsados hacia el exterior del vehículo. Además no actua ningún sistema adicional de bloqueo de puertas que impidan la salida de los ocupantes.

2.4.4.4 Acceso al habitáculo luego del impacto y liberación de los maniqués.

Se verifica la facilidad de ingreso al vehículo, para determinar la afectación del mismo es decir la deformación que se genera en la cabina o habitáculo y lo que produciría un trabado de las puertas o compuertas del auto, conllevando a un aprisionamiento de los ocupantes dificultando su salida.

Después de una colisión se verifican los siguientes aspectos primordiales:

- a) Tendrá un acceso utilizable o hábil tanto en la parte delantera como en la trasera permitiendo la salida de los ocupantes, en caso que exista obstrucciones en las compuertas del automóvil los asientos estarán habilitados para reclinación de los espaldares para permitir la salida de los mismos.
- b) Los maniqués serán liberados de los cinturones de seguridad aplicando únicamente una fuerza de 60N, que es lo normal que puede una persona aplicar con su mano, para que después de una colisión el ocupante no muera por motivos como no desabrochar su cinturón de seguridad evitando su salida.

2.4.4.5 Fugas de combustible.

Se realiza un análisis de posibles fugas de líquidos inflamables que se derramarían en distintos tipos de colisiones, por lo que se observa los posibles riesgos que representas para los ocupantes como para personas fuera del vehículo evitando un riesgo potencial de incendio en una colisión.

- En caso de algún tipo de fuga tiene que ser mínima, sin presentar ningún riesgo potencial para los ocupantes.
- En el caso que exista una fuga está determinado un parámetro o norma estableciendo que el caudal no superara los 30 g/min que debe estar en zonas de baja responsabilidad de daño a los ocupantes.

2.4.4.6 Otorgamiento del registro.

El registro se otorgara después de realizar las pruebas y verificar que el vehículo cumplió o no con los requerimientos de seguridad descritos en la norma UN94, se verificara el cumplimiento de los valores que se da para la medición de los maniqués y de los vehículos.

2.4.5 Instrucciones para los usuarios de vehículos equipados con airbags.

UN 94 después de verificar que el vehículo paso la prueba y cumple con los requerimientos de airbag, informa a sus ocupantes de la siguiente manera.

- Pegan etiquetas en diferentes partes del habitáculo para mantener informados a los ocupantes.
- La información inscrita en el volante y tablero de instrumentos para el conductor y acompañante, serán inscripciones que no se borren y duren la vida útil del vehículo, ya que es importante que la persona sepa que tiene un sistema de airbag a su disposición para que le brinde seguridad y confianza el momento en que se encuentre en el vehículo.

- Instrucciones en el manual del propietario para que sepa tomar las debidas precauciones al momento de realizar mantenimientos.

2.4.6 Otros aspectos considerados.

En UN 94 Dentro del presente Reglamento también se incluyen especificaciones de:

- Las características de deformación, constitución y anclaje de la barrera contra la que se impactara el vehículo, obteniendo las resultantes que la norma requiere.
- Coordenadas del vehículo para medir las cotas, posiciones y desplazamientos de los maniqués después del impacto.
- Metodología para simular y determinar la posición exacta en la que una persona normal viaja en el vehículo, ubicando a los maniqués correctamente.
- Registro frecuente la recopilación de datos que se obtienen en los ensayos.
- Cumplir con los reglamentos internacionales de la Naciones Unidas sobre los asientos, cinturón y anclajes.

2.4.7 Características que se mide en el desplazamiento de los maniqués.

Los maniqués utilizados en los ensayos de impacto vienen provistos de varios sensores que recopilan información que posteriormente son analizados y adquiere información de distintos acelerómetros y sensores de impacto ubicados estratégicamente en los siguientes puntos vitales para el ser humano.

2.4.7.1 Cabeza.

Se mide la desaceleración que estaría sometida la cabeza de una persona, durante el impacto, analizando los daños que se generarían producto del latigazo y sus afecciones colaterales.

2.4.7.2 Cuello.

Se mide la fuerza de tracción axial, la fuerza de cizalladura (cortante) anterior y posterior en la zona de unión entre el cuello y la cabeza y también el momento de flexión en torno a un eje lateral en la zona de unión entre el cuello y la cabeza.

2.4.7.3 Tórax.

Se mide el aplastamiento del pecho entre el esternón y la columna vertebral y la afectación a órganos internos.

2.4.7.4 Fémur.

Se mide fuerza de compresión axial y el momento de flexión.

2.4.7.5 Tibia.

Se mide la fuerza de compresión axial, el momento de flexión y el desplazamiento de la tibia respecto al fémur.

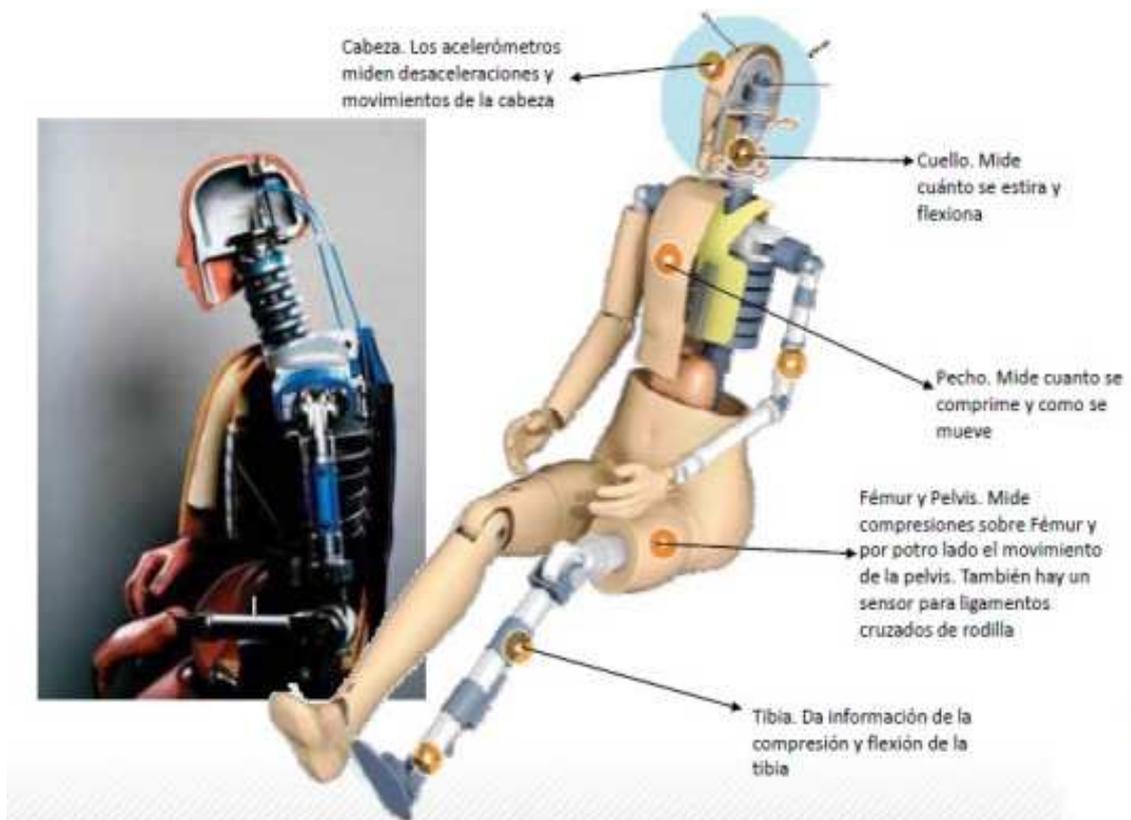


Figura 2.4 Partes de los maniqués
Fuente: Ancosev.

2.5 Norma INEN 034.

Esta norma INEN trata específicamente sobre los elementos mínimos de seguridad en vehículos para que circulen dentro del territorio ecuatoriano con el fin de salvaguardar la integridad y salud de los ocupantes de los automóviles.

Esta norma aplica a todo vehículo que es importado o producido dentro del territorio nacional cumpliendo con todos los requisitos mínimos para salvaguardar la vida de las personas.

2.5.1 Dispositivos de alumbrado y señalización luminosa y de visibilidad.

Norma que se enfoca en la claridad y visibilidad en condiciones óptimas sus normas de referencia son reglamentación técnica 48 de la ONU última versión NTE INEN 1155.

2.5.2 Condiciones ergonómicas, asientos y sus anclajes.

Este punto trata sobre las condiciones que obligatoriamente presentaran ciertos componentes de los asientos (reglamentación técnica 17 de la ONU) como son los apoya cabeza que a su vez cumplen con ciertas características previamente definidas cumpliendo con las normas (reglamentación técnica 25 de la ONU).

2.5.3 Frenos.

Según la norma NTE INEN 2656 los sistemas de freno poseerán dos sistemas de frenado actuando en su parte delantera como en la trasera y cumplirán con los requisitos de la norma global (reglamentación técnica 13 H de la ONU).

Vehículos tendrán sistemas auxiliares de frenado como son el ABS regulada por (reglamentación técnica 13 de la ONU).

2.5.4 Control electrónico de estabilidad.

A partir del año 2018 todos los vehículos que entraran en circulación obligatoriamente poseerán un sistema de control de estabilidad bajo la norma (reglamentación técnica 13 H de la ONU).

2.5.5 Neumáticos.

Deberán neumáticos o llantas del vehículo cumplirán con ciertas medidas normadas para que sean comercializadas y utilizadas en el país, con el fin de brindar seguridad y garantizando su fiabilidad en su operación.(reglamentación técnica 30 y 54 de la ONU) (RTE INEN 011).

2.5.6 Suspensión.

Los vehículos tendrán obligatoriamente sistemas de amortiguación en cada eje del vehículo garantizando la estabilidad y la capacidad de absorber impactos o irregularidades de las vías sin presentar ningún problema además de no presentar modificaciones que afecten al diseño original proveniente del fabricante del vehículo.

2.5.7 Dirección.

Los vehículos presentaran cualquier variante de dirección asistidas con el fin de brindar confort y seguridad para el conductor facilitando el manejo del vehículo además de que en alguna emergencia el vehículo sea manejado de una manera adecuada y deseada por el conductor (norma técnica 79 de la ONU).

2.5.8 Carrocería.

La carrocería no será modificada de ninguna manera exceptuando obtener una carta obtenida por el fabricante garantizando de manera técnica que los cambios realizados no afectaran a la seguridad de los ocupantes del vehículos.

2.5.9 Vidrios.

Todos los vehículos tendrán vidrios de seguridad, ya que minimizan el daño a los ocupantes ya que ante un impacto este tipo de elementos suele fragmentarse en pequeñas partes siendo un riesgo potencial mínimo y evitado generar laceraciones de gravedad a los pasajeros. (Reglamento técnico ecuatoriano (NTE INEN 1669)(reglamentación técnica 43 de la ONU).

2.5.10 Cinturones de seguridad.

Los vehículos tendrán sistemas de anclaje al asiento con tres puntos de contactos, estos cinturones de seguridad cumplirán con reglamentos normado por la ONU y que han sido evaluados previamente y garantizando su estabilidad. (Reglamentación técnica 16 De la ONU).

2.5.11 Parachoques frontal y superior.

Todo vehículo dispondrá de estos accesorios sin variar los diseños del fabricante además de prohibir el adicionamiento de otros accesorios que afectarían o alterarían el desempeño del vehículo ante una colisión estos elementos prohibidos son (tumba burros, aumentos de parachoques, ganchos, porta remolques) ya que son un riesgo potencial para el vehículo y los demás circulantes.

2.5.12 Barras anti empotramiento.

Las barras anti empotramiento son obligatorias en la estructura interna del vehículo cuyo objetivo es la de brindar seguridad en la parte posterior del vehículo.

2.5.13 Protección impacto frontal y lateral.

Los vehículos estarán diseñados para soportar impactos laterales y frontales a una determinada velocidad según el organismo de control las normas específicas que cumplirán estas protecciones, vienen dadas por la norma (reglamentación técnica 94 y 95 de la ONU) cuyo objetivos son las de brindar la mayor seguridad posible y que en el caso de una colisión el daño causado a los ocupantes sea el mínimos posible.

2.5.14 Air bags, bolsas de aire.

Los vehículos incorporaran mínimo dos bolsas de aire en la parte frontal del vehículo, las bolsas de aire estarán homologadas y funcionar bajo (reglamentación técnica 94 de la ONU) ya que las bolsas de aire reducen el riesgo de mortalidad en accidentes.

A su vez el remplazo de los air bags serán cambiadas cumpliendo con la norma (reglamentación técnica 114 de la ONU).

2.5.15 Autoridad vigilancia y control.

La Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (ANRCTTTSV), como institución encargada de la regulación y control del transporte terrestre a nivel Nacional, es la autoridad competente para otorgar el certificado único de homologación vehicular, Documento suficiente para certificar el cumplimiento del presente Reglamento y será presentado previo a la importación de vehículos automotores sujetos al mismo; efectuará además las Labores de vigilancia y control del cumplimiento con el presente reglamento y conjuntamente con SENA E INEN, realizarán la supervisión previa al ingreso de los vehículos al mercado ecuatoriano.

Son autoridades de vigilancia de mercado, la ANRCTTTSV, INEN, SENA E y aquellas que conforman el sistema nacional de la calidad, quienes realizarán de manera coordinada controles de los requisitos Contemplados en el presente reglamento técnico, mediante verificación de documentos y si procede, Constataciones físicas y de laboratorio en muestras adecuadas, tomadas según los procedimientos Establecidos por las mismas.

2.6 Ensayos estructurales.

El estudio estructural de los metales para análisis de propiedades físicas, mecánicas de un tipo de metal se lo denomina metalografía.

Se realizan ensayos a los metales con diversas finalidades ya que son utilizados para recopilar distintos tipos de datos dependiendo el metal o distintas aleaciones. Y se analizando distintas características de un elemento tanto estructuralmente como es el límite de grano que es la unión y el número de cristales metal analizado molecularmente.

Las características de un metal vienen dadas por su composición química tomando en cuenta los distintos metales que poseen y sus aleaciones, o algún tipo de tratamiento que ha recibido el material.

Existen distintos tipos de ensayos que se realiza a un metal con el fin de obtener datos característicos y propiedades de distintos tipos.

Ensayos más comunes realizados a materiales son: conformación y características.

2.6.1 Conformación.

Este tipo de ensayos se lo realiza para conocer las características y las aptitudes mínimas y máximas de un material que ha sido realizado por métodos de plegado, forjado etc.

2.6.2 Clasificación de los ensayos.

Este tipo de ensayos se los realiza para conocer las características de un material y se los clasifica de la siguiente manera.

2.6.2.1 Químicos.

Conocer la composición de un material la cantidad de compuestos que contienen se lo denominan ensayos metalográficos.

2.6.2.2 Estructurales.

Análisis microestructural para ver la estructura micro cristalina así como el tamaño del grano.

2.6.2.3 Térmicos.

Determinar el comportamiento de un material a diferentes temperaturas como es el punto de fusión.

2.6.2.4 Mecánicos.

Son utilizados para ver las propiedades o características mecánicas en un material por lo general suelen ser ensayos destructivos y determinan propiedades físicas de los mismos se clasifican en.

- Ensayos estáticos
- Ensayos dinámicos

2.6.2.5 De defectos.

Son realizados para verificar que en material no existan defectos de alguna manera que altere el desempeño del mismo, sirven para seleccionar correctamente un metal para su uso y aplicación de nuevas aleaciones con propiedades requeridas.

2.7 Tipos de ensayos.

A continuación se clasifica los distintos tipos de ensayos utilizados para determinar las distintas propiedades de los materiales.

2.7.1 Ensayos metalográficos.

Para realizar unos ensayos metalográficos se ejecutan ciertos procedimientos para que las pruebas a realizar a los metales sean cumplidas de la mejor manera sin alteraciones en los resultados a realizar.

El procedimiento es:

- Toma de muestras
- Desbaste
- Pulido
- Ataque micrográfico
- Observación de muestras

2.7.1.1 Toma de muestras.

Se selecciona una parte específica de la pieza a probar en una sección que más información se obtenga. Se prepara la pieza de acuerdo a la máquina que va a utilizarse por lo que al momento de realizar los cortes tendrán la medida correcta requerida, por lo general tienen medidas (25mm ancho x50mm largo 10 mm de espesor).

Los cortes serán realizados utilizando una sierra, disco de corte o una cortadora metalográfica, hay que tener presente la refrigeración del metal durante es cortado ya que la temperatura afecta su estructura y dar resultados distintos a los originales.



Figura 2.5 Cortadora metalográfica

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

2.7.1.2 Desbaste.

Se realiza un proceso de desbaste como una preparación de la superficie para eliminar irregularidades de la superficie y que los cristales de su estructura sean observados de la mejor manera.

Hay que tener en cuenta el material con el que se está trabajando ya que de esto depende el grano de la lija que se utilizara. Por lo general se utiliza una secuencia de ligas de grano de manera ascendente (180-400-600) y en el caso de materiales blandos se cambia el de 180 por 280.

Al momento de utilizar la lijadora de disco es necesario utilizar una velocidad constante de aproximadamente 500 rpm a presionado fuerte y según se utiliza un grano más fino ir disminuyendo la velocidad de manera progresiva hasta una velocidad de 200 rpm.



Figura 2.6 Lijas de grano

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

2.7.1.3 Pulido.

Como mejorado de la superficie previamente tratada se utiliza un material con liquido abrasivo fino para mejorar más la superficie del tratamiento previamente realizado y eliminar residuos de imperfecciones que quedaron.

Después del pulido se tiene que realizar un secado de la pieza mediante aire caliente o alcohol teniendo precaución de no tocar las superficies con las manos.



Figura 2.7 Maquina de pulido abrasivo

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

2.7.1.4 Ataquemicrográfico.

El ataque micrográfico se lo usa para tener una mejor visión de la estructura que está siendo analizada por lo que se utiliza sustancias con colorantes para diferenciar constituciones internas.

La función de esta sustancia es:

- Destruir impurezas de la superficie
- Cambiar el color de su estructura
- Atacar la superficie del grano

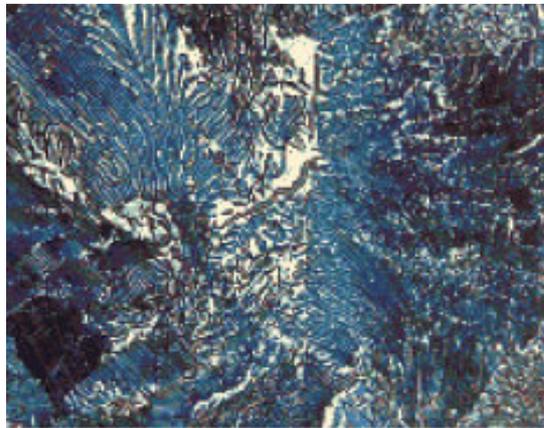


Figura 2.8 Piezas bajo sustancia colorante

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

2.7.1.5 Observación de muestras.

Se realiza un proceso de análisis de la probeta realizada que consiste en el reflejo de la iluminación a través de los cristales con ayuda de un microscopio especial de los cuales varían su capacidad de aumento, entre 100 a 1500 veces y en el caso de microscopios electrónicos hasta 30000 veces su aumento.



Figura 2.9 Microscopio metalográfico

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

2.7.2 Ensayos de dureza.

Existe una serie de ensayos que se realizan para determinar la dureza de un metal o aleación este tipo de pruebas se las realiza para saber la resistencia que presenta un metal observando el daño superficial recibido y observando la deformación presente

Con los ensayos de dureza se verifica ciertas características que son:

- Verificar un tratamiento térmico
- Resistencia al desgaste
- Maquinabilidad de un material
- Resistencia a la tracción de un material

Existen definiciones de dureza pero en general se definen como la resistencia que un material presenta ante penetración de otro. A su vez hay una serie de distintas pruebas de dureza que son:

2.7.2.1 Dureza al rayado.

Ensayo realizado para determinar la resistencia superficial de un material y ver su resistencia al ser rayado se lo mide bajo el método de Mohs que consiste en materiales seleccionados según su dureza y ubicados en una escala que va del 1 al 10 donde uno es el más blando y diez el más duro.

2.7.2.2 Dureza a la penetración.

Este método de ensayo consiste en el aplastamiento de un elemento redondo o en punta, en el material a verificar y se mide la incidencia o profundidad que dejó el elemento después que fue sometido a una carga y según eso se determina el grado de dureza del material. Los métodos más utilizados por lo general son: método de brinell y de rockwell.

a) **Brinell.**

Método utilizado para materiales blandos y con espesores mínimos suele realizarse con una esfera de acero templado para realizar los ensayos su tamaño depende del material y el espesor del metal o aleación.

Se mide la huella y la penetración que surgió en el material según la carga que se aplicó.

Tabla 2.1 escala de dureza Brinell

Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mineral	talco	yeso	calcita	fluorita	apatito	feldespato	cuarzo	topacio	corindón	diamante

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

b) **Rockwell.**

Ensayo basado en el método brinell al igual que el ensayo de brinell se utiliza una esfera o bola de acero para realizar la prueba de penetración para ver la incidencia, en el caso que el material sea más duro que la esfera se cambia el elemento de penetración en este caso se lo sustituye con una punta en forma de diamante y se procede con el mismo método de ensayo midiendo la profundidad en de la huella.

Tabla 2.2 Materiales usados en ensayo rockwell

Denominación	Carga (kg)	Penetrador	Materiales
A	60	Cono de diamante	Materiales duros en extremo, carburos de wolframio, etc.
B	100	Bola de 1/16"	Materiales de dureza media, aceros al carbono bajos y medios, latón, bronce, etc.
C	150	Cono de diamante	Aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas.
D	100	Cono de diamante	Acero superficialmente cementado.
E	100	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio.
F	60	Bola de 1/16"	Bronce y cobre recocidos.
G	150	Bola de 1/16"	Cobre al berilio, bronce fosforoso, etc.
H	60	Bola de 1/8"	Placa de aluminio.
K	150	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio.
L	60	Bola de 1/4"	Plásticos y metales suaves, como el plomo.

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

Este ensayo se lo realiza en 3 etapas o fases

- 1.- se aplica la carga y se encera el elemento llamado durómetro.
- 2.- se aplica una carga extra durante un tiempo determinado aproximadamente 10 segundos.
- 3.-se retira la carga adicionada previamente y se la deja con la carga inicial según esto se determina la dureza del material sobre la escala del durómetro.

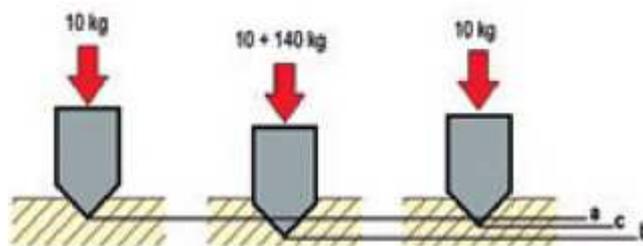


Figura 2.10 Etapas del ensayo rockwell

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García.

c) **vicker.**

Se lo considera una derivación del método rockwel ya que es el mismo procedimiento con la diferencia que los elementos de contacto que en el método de Rockwell se utilizan la esfera y la punta con forma de diamante son sustituidas por una punta cónica o piramidal de base cuadrada con este método suele aplicar mayor carga a los elementos a probar por lo que se llega a escalas más altas de durezas usadas para elementos más duros.

2.7.3 Ensayos de tracción.

Tracción es el esfuerzo que logra separar a las partículas de las que está formada alguna pieza mediante la aplicación de una carga progresiva, llamadas fuerzas de tracción.

El objetivo de realizar un ensayo de tracción es determinar los aspectos básicos e importantes de la resistencia y alargamiento de materiales, que sirven para el control de calidad del mismo, las especificaciones de materiales y el cálculo de piezas sometidas a esfuerzos.

El ensayo de tracción es uno de los más utilizados gracias a la gran información que se obtiene después de este, determinando así gran variedad de propiedades mecánicas específicas de materiales metálicos, tales como, la zona elástica en la cual el material aun después de aplicar la fuerza, toma su forma original, la zona plástica en la que la deformación ya no es reversible y el material se mantiene con una deformación permanente y así también se obtiene el límite de fluencia y puntos de rotura del material ensayado.

En los ensayos de tracción se utiliza una variedad de probetas, con distintas formas suelen ser: redondas, cuadradas o rectangulares y en el caso de ensayar láminas se utiliza probetas planas.

Los resultados del ensayo de tracción son aplicables para todo tipo de probeta, cumpliendo las normas establecidas antes de realizarlo, siempre y cuando se logre transformar la fuerza en esfuerzo y las distancias iniciales de la probeta en deformación mediante las siguientes formulas.

$$\text{Esfuerzo} = \sigma = \frac{F}{A_o}$$

$$\text{Deformación} = \varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o}$$

$$\sigma = \frac{947 \text{ N}}{0,042 \text{ m}^2}$$

$$\varepsilon = \frac{36.8 \text{ mm} - 25 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 22547,61 \text{ Pa} = 0,022 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon = \frac{11,8 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon = 0,472 \text{ ~~mm~~} = \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ ~~mm~~}} = 4.72 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Donde:

σ = Ezfuerzo.

F = Fuerza.

A = Area de seccion transversal de la probeta.

ε = Deformacion.

L = Longitud finial.

L_o = Longitud inicial.

Donde A_o es el área de la sección transversal de la probeta que es medida antes de realizar el ensayo. L_o es la longitud inicial de la probeta antes de que se le aplique la fuerza, y L es la longitud final de la probeta, después de aplicar la fuerza F al finalizar el ensayo.

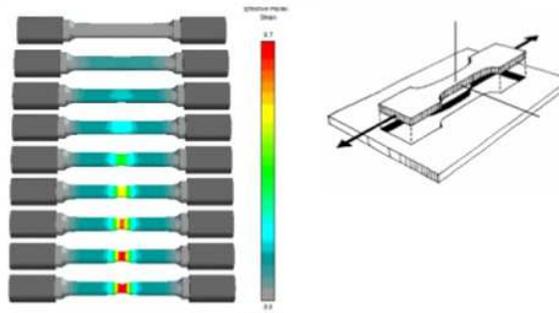


Figura 2.11 Deformación de las probetas planas
Fuente: López R.

El ensayo consiste a someter a la probeta calibrada a un esfuerzo axial que irá aumentando de manera progresiva hasta llegar a la rotura de la misma, y a su vez se registrara los valores de la fuerza y la deformación que serán útiles para realizar la gráfica y analizar ciertas propiedades. Para realizar las mediciones primero se marcan dos puntos de referencia en la probeta en la mitad de ella, denominada longitud calibrada, midiendo la distancia entre ellos para posteriormente medir las deformaciones que se dieron después del ensayo.

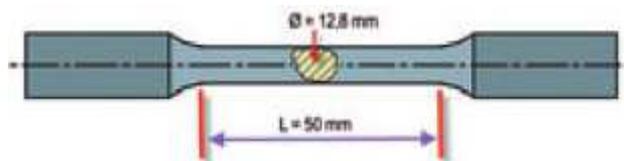
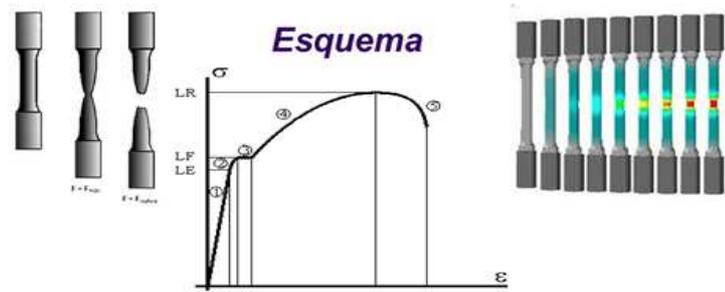


Figura 2.12 Ensayo normalizado de tracción
Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

El resultado de este ensayo se obtiene una gráfica donde se aprecia el alargamiento sufrido de la probeta, tal y como se observa en la figura 2.13.



CILINDRICAS

PLANAS |

Figura 2.13 Alargamiento de las probetas durante el ensayo

Fuente: López R.

El resultado que se obtiene en la gráfica no depende de la forma de la probeta, sino del tipo de material que se ensaye. El diagrama de esfuerzos es fundamental para la determinación de las propiedades del material, en el cual se diferencian 4 zonas esenciales, la zona de deformaciones elásticas, de fluencia, de deformaciones plásticas y la zona de estricción antes de la rotura.

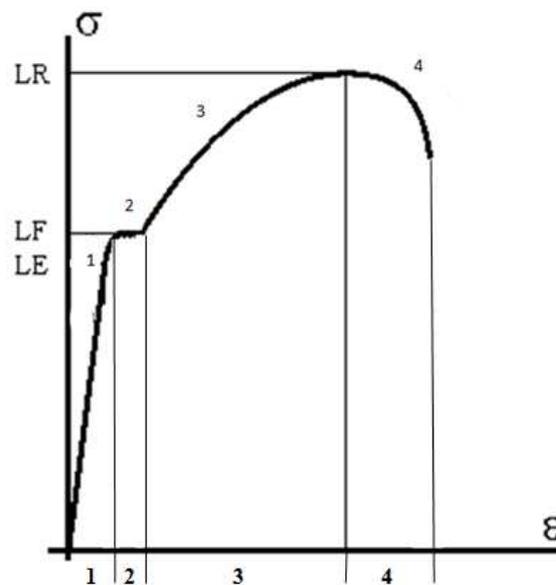


Figura 2.14 Grafico esfuerzo - deformación

Fuente: López R.

2.7.3.1 Deformaciones elásticas 1.

En esta zona 1 la fuerza aplicada se distribuye a lo largo de la probeta, pero no es suficiente para deformarla permanentemente, es decir que es una fuerza de pequeña

magnitud que al momento de retirar la aplicación de fuerza, la probeta vuelve a su forma original sin ningún problema.

La tensión máxima que resiste esta zona se llama límite elástico y es el valor máximo que soporta el material antes de empezar con las deformaciones permanentes o plásticas.

2.7.3.2 Fluencia 2.

Esta zona se llama de fluencia 2 en el que el material cede sin necesidad de que aumente la carga aplicada, dando inicio a las deformaciones plásticas en la probeta ensayada.

2.7.3.3 Deformaciones Plásticas 3.

En esta zona 3 al dejar de aplicar la carga al material, recupera parcialmente su forma, quedando con una deformación permanente. Si se sigue aplicando la fuerza llega a una tensión máxima denominada tensión de rotura, que es la carga máxima soportada por la probeta antes de romperse.

2.7.3.4 Estricción 4.

En esta zona, cuando llega al punto máximo de tensión que soporta el material, se genera una reducción de área en la longitud calibrada de la probeta, considerando prácticamente rota a la probeta aunque a simple vista no se la puede ver. Esa estricción del material es la responsable de que se genere la curvatura en la gráfica.

Hay que tomar en cuenta que los materiales frágiles no sufren estricciones o deformaciones plásticas significativas, simplemente se rompen de forma brusca.

A partir del ensayo de tracción se determina si el material presenta o no la capacidad para deformarse plásticamente, como se observa en la figura 2.15.

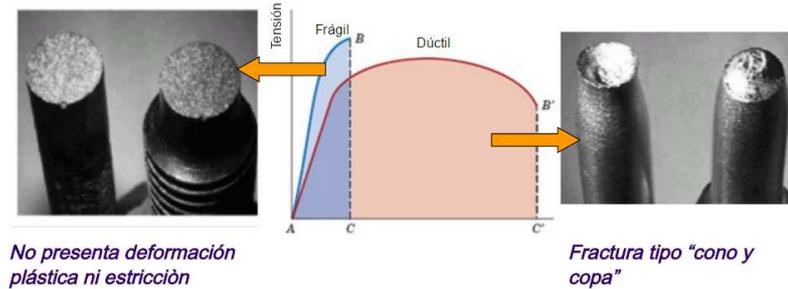


Figura 2.15 Material frágil y material dúctil
Fuente: Sergio Onate.

En la figura 2.15 se ve la comparación de dos tipos de materiales sometidos al ensayo de tracción, en la probeta de la izquierda se ve que es un material más frágil, ya que al momento de aplicar la carga, no sufre deformaciones plásticas significativas ni tampoco una estricción del área, simplemente se ve la rotura por lo que la gráfica es diferente al material de la derecha. En el caso de la otra probeta, se ve que es un material dúctil, que sufre deformaciones plásticas muy significativas antes de llegar a la rotura de la probeta, se observa una estricción bastante notable en el área calibrada.

En el caso de las probetas planas, para reconocer si son frágiles o dúctiles a simple vista, se observa lo siguiente.



Figura 2.16 Fractura dúctil
Fuente: Sergio Onate.

En la figura 2.16 se observa la fractura de un material dúctil, en el cual presenta una parte plana con un ángulo de 45° con la dirección del esfuerzo justo en el lado del corte. Presenta un aspecto fibroso o en forma de copa y notablemente la estricción del material, lo que significa que sufrió deformaciones significativas en la zona plástica antes de

llegar a romperse. En probetas planas delgadas, toda la superficie de fractura sería un labio de corte.

En probetas de un material frágil, como se indica en la figura 2.17.

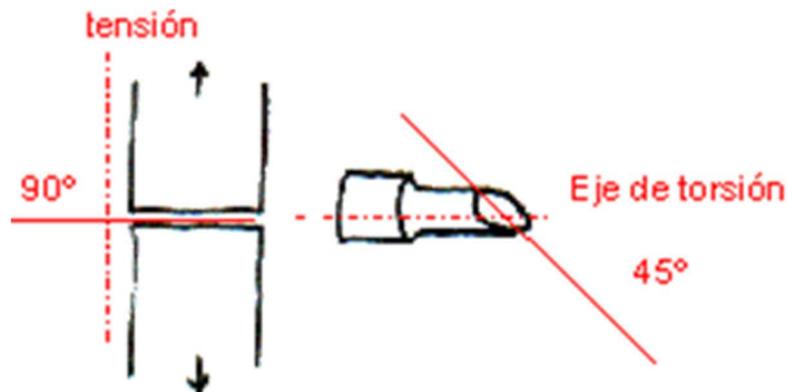


Figura 2.17 Fractura frágil
Fuente: Sergio Onate.

La fractura en este tipo de material frágil no presenta una deformación plástica significativa, es totalmente imperceptible, no presenta ningún tipo de estricción y la superficie de fractura forma ángulos concretos con las direcciones de tensiones máximas.

2.7.4 Ensayo de compresión

Ensayo realizado para materiales que han partido de un proceso de moldeo el cual es sometido a una carga en dos direcciones hasta que se excede su límite llegando a aparecer puntos de fracturas en el metal o aleación.

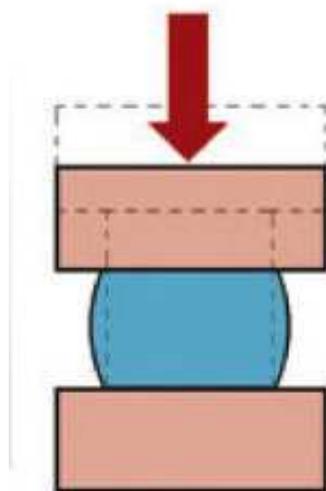


Figura 2.18 Ensayo de compresión.

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García.

2.7.5 Ensayo de flexión.

Para el ensayo de flexión se utiliza una probeta del material a probar, esta probeta se la sitúa en dos puntos de apoyo que sujetaran a la pieza la que a su vez se le somete una carga en su sección media denominada flecha.

Esta carga es sometida hasta ver fisuras en el material de esta manera midiendo sus límites de elasticidad.

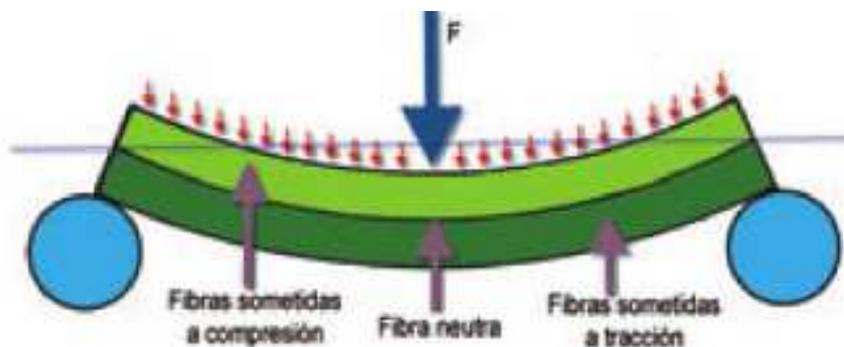


Figura 2.19 Etapas del ensayo rockwell

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García.

2.7.6 Ensayos de torsión.

En este ensayos la probeta es sometido a un momento torsional con fuerza progresiva hasta su rotura con este ensayo se determina la carga que soporta un elemento cuando es expuesto a dos esfuerzos de igual magnitud.

CAPITULO 3

3 Estudios realizados y fundamentación teórica.

3.1 Estudio del Vehículo más Vendido.

AEADE es la asociación de empresas automotrices del Ecuador, una empresa que trabaja desde el año 1946, con el fin de apoyar y servir al sector automotriz.

Se encargan de recopilar cifras de las principales variables que intervienen en el sector automotriz: importaciones, producción nacional, exportaciones y ventas. Tomando en cuenta que los vehículos son los responsables de la transportación pública y privada de personas y bienes, AEADE da a conocer las cifras de ventas de vehículos cada año, mediante informes anuales de cifras de los vehículos más vendidos.

A continuación en los siguientes gráficos se muestra los vehículos más vendidos desde el año 2008 hasta el año 2014.

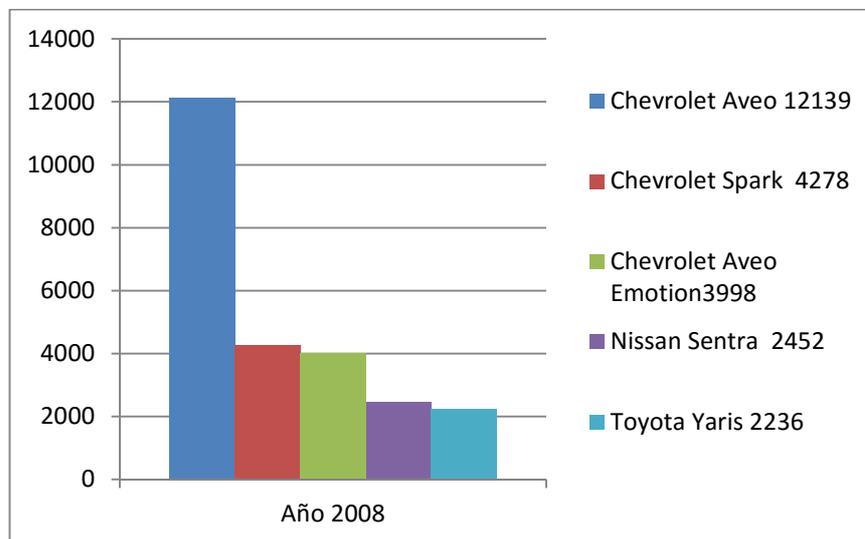


Figura 3.1 Vehículos más vendidos año 2008

Fuente: Aeade Ecuador.

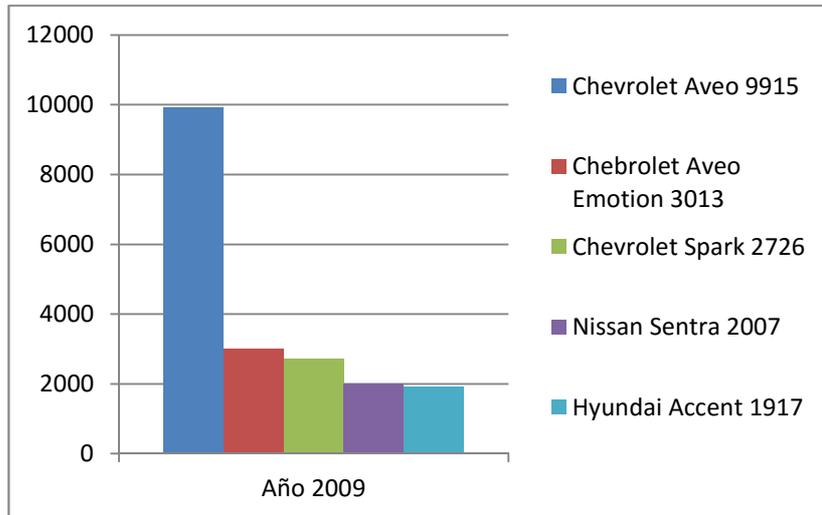


Figura 3.2 Vehículos más vendidos año 2009
Fuente: Aeade Ecuador.

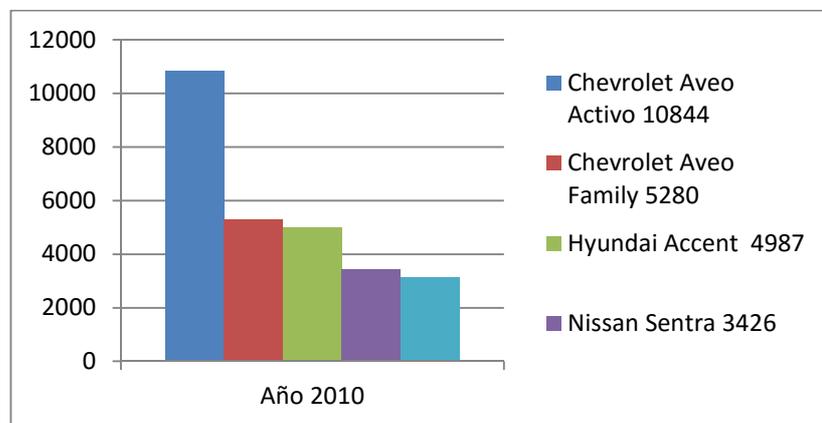


Figura 3.3 Vehículos más vendidos año 2010
Fuente: Aeade Ecuador.

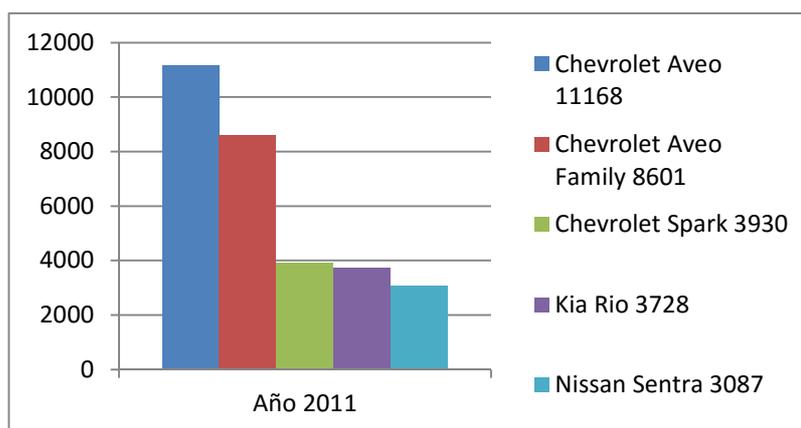


Figura 3.4 Vehículos más vendidos año 2011
Fuente: Aeade Ecuador.

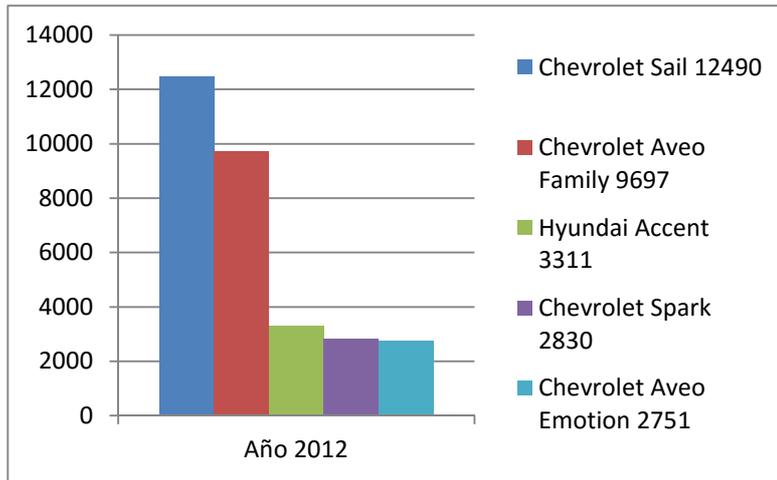


Figura 3.5 Vehículos más vendidos año 2012

Fuente: Aeade Ecuador.

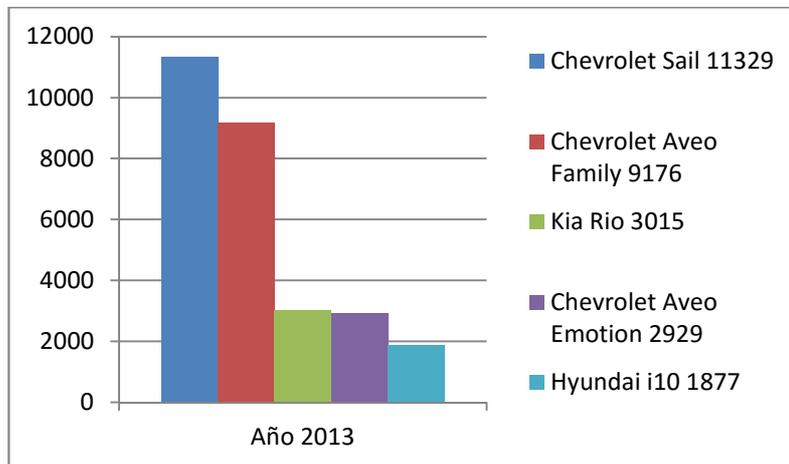


Figura 3.6 Vehículos más vendidos año 2013

Fuente: Aeade Ecuador.

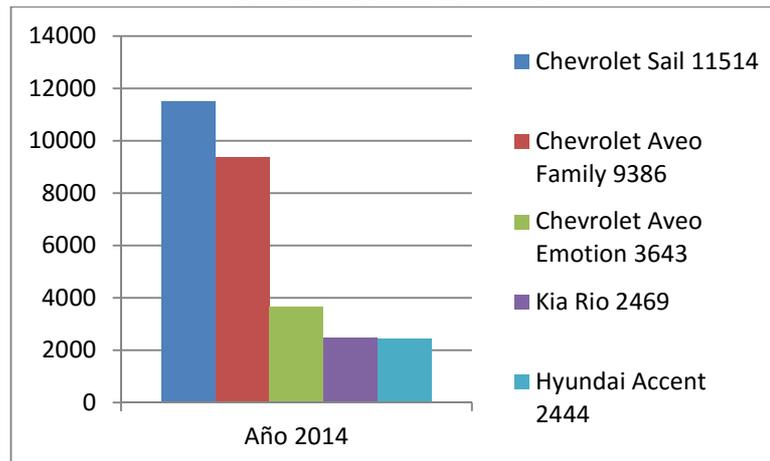


Figura 3.7 Vehículos más vendidos año 2014

Fuente: Aeade Ecuador.

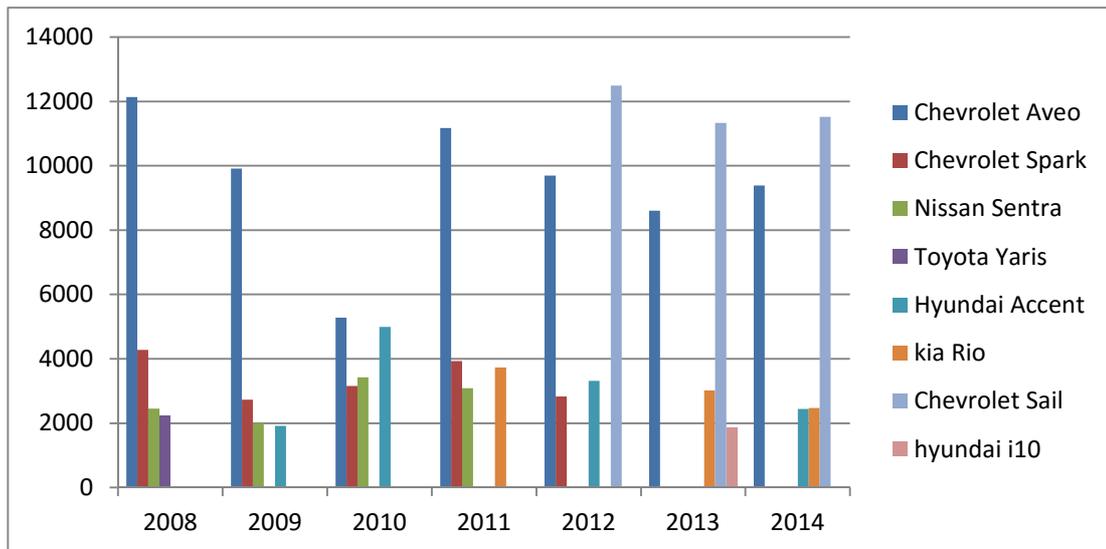


Figura 3.8 Comparativa anual de vehículos vendidos.

Fuente: Del Castillo y Herrera.

Tabla 3.1 Promedio vehículos más vendidos

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total vendidos
Chevrolet Aveo Activo	12139	9915	10844	11168				44066
Chevrolet AveoFamily			5280	8601	9697	9176	9386	42140
Chevrolet Sail					12490	11329	11514	35333
Chevrolet AveoEmotion	3998	3013			2751	2929	3643	16334
Chevrolet Spark	4278	2726		3930	2830			13764
HyundaiAccent		1917	4987		3311		2444	12659
Nissan Sentra	2452	2007	3426	3087				10972
Kia Rio				3728		3015	2469	9212
Toyota Yaris	2236							2236
Hyundai i10							1877	1877

Fuente: Del Castillo y Herrera.

3.2 Estudios del impacto.

Después de estudios realizados se determina que en los accidentes de tránsito, el impacto frontal es el más común, considerado como impacto frontal a toda la zona

delantera del vehículo. Tomando en cuenta que es la zona más común en un impacto, los fabricantes han optado por construir toda la zona delantera con materiales que absorban la fuerza del impacto y que sea capaz de absorber la energía producida por la colisión y transmitirla a través del chasis, protegiendo el habitáculo y a los ocupantes. En la figura se observa los distintos choques que se pueden dar en la zona frontal del vehículo.

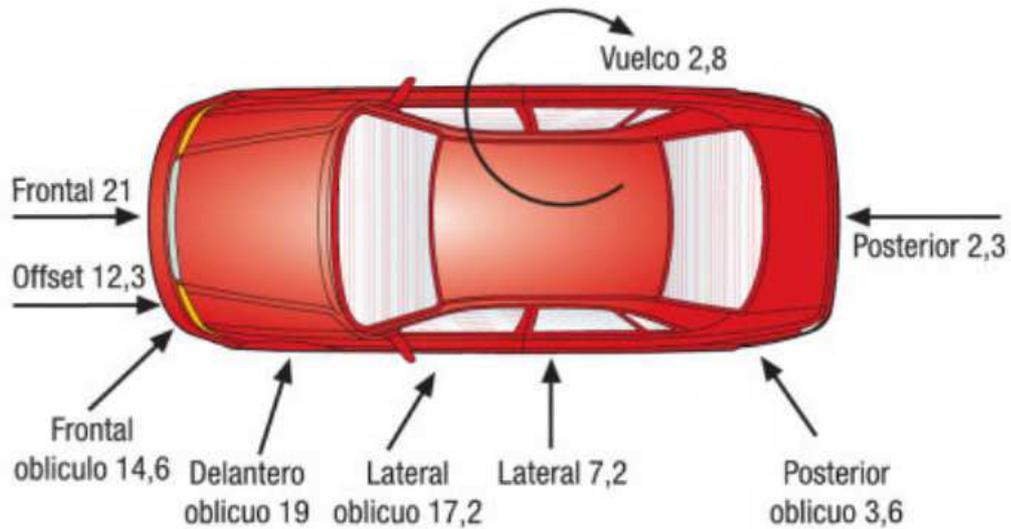


Figura 3.9 Porcentajes zonas accidentadas.

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

El tipo de impacto que se utilizó para la realización de las pruebas, fue un frontal debido a que es el impacto según estadísticas el más afectado en los impactos, el porcentaje de estadísticas lo veremos en la figura.

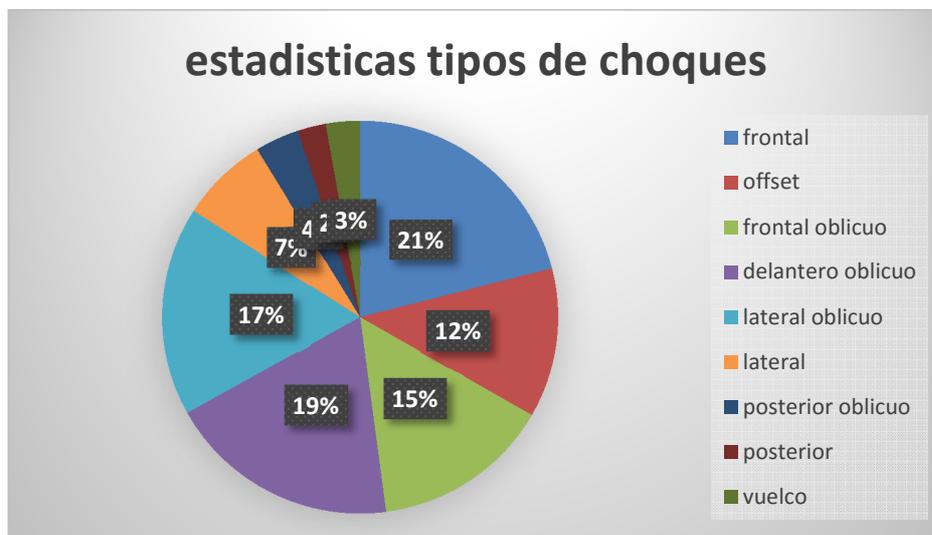


Figura 3.10 Zonas más accidentadas en un vehículo

Fuente: Del Castillo y Herrera.

3.3 Elementos de protección carrocería.

Los elementos de protección son elementos dispuestos para salvaguardar la vida de las personas ante una colisión es decir forman parte de la seguridad pasiva de un vehículo que actúan de distintas maneras con deformaciones programadas o transmitiendo la energía de un impacto.

En una colisión existen dos tipos de daños que son identificados:

3.3.1 De zona inmediata.

Son aquellos que se producen en la localidad donde fue impactado el vehículo y se los reconoce fácilmente porque se observa deformaciones o pliegues dentro de la zona impactada.

3.3.2 Indirectos.

Son realizados en una colisión y son producto de la transmisión de energía a través de los componentes de la carrocería del vehículo y que son transmitidos a diferentes localidades del vehículo.

3.3.3 Análisis de un impacto frontal.

Los impactos frontales, considerados como los más comunes en los accidentes de tránsito, se lo analizan en cuatro fases en las cuales se observa la distribución de las fuerzas en tres tiempos y como estas afectan o influyen durante el impacto.

3.3.3.1 Primera fase.

En esta fase es cuando se produce el impacto del vehículo con otro elemento produciéndose una desaceleración de automóvil llegando a detenerse por completo. Al momento del impacto el vehículo tiende a dirigirse hacia la dirección del objeto impactado generándose un impulso en la parte trasera del objeto.



Figura 3.11 Impacto frontal fase uno.
Fuente: Pablo Cedillo Díaz.

3.3.3.2 Segunda fase.

Empiezan la deformación de la carrocería del vehículo y de los componentes en la parte delantera del automóvil. La suspensión del vehículo se levanta por efecto del golpe mientras que los largueros de vehículo ceden hacia la parte inferior. El vehículo todavía tiene una fuerza de impulso en contra del objeto.



Figura 3.12 Impacto frontal fase dos
Fuente: Pablo Cedillo Díaz.

3.3.3.3 Tercera fase.

La parte delantera se detiene por completo aunque el vehículo todavía presenta inercia por efecto del impacto en la parte central del mismo, en este momento se inicia la transmisión de energía a través de los parantes hacia la parte trasera del vehículo. Debido a que la cabina es hecha de acero de alta resistencia la deformación que presenta es mínima y la energía se transmite por el techo del vehículo hasta la zona trasera.

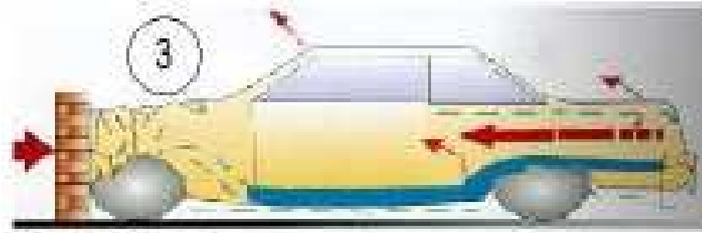


Figura 3.13 Impacto frontal fase tres
Fuente: Pablo Cedillo Díaz.

3.3.3.4 Cuarta fase.

La parte central del vehículo se detiene actuando de distinta manera que la parte trasera del cuerpo por lo que la inercia de la parte trasera tiene una resistencia por la parte central produciendo una deformación en la cajuela que tiene una dirección hacia la parte superior tendiendo a dirigirse hacia arriba sus largueros.



Figura 3.14 Impacto frontal fase cuatro
Fuente: Pablo Cedillo Díaz.

Es importante que un vehículo colisionado sea inspeccionado de manera rigurosa en las tres secciones del vehículo analizando las deformaciones inmediatas y las indirectas realizando las medidas necesarias antes de realizar alguna corrección.

3.4 Proceso de embutición.

Este proceso de embutición es muy utilizado para la fabricación de piezas automotrices debido a la necesidad de moldeo de varios componentes estructurales. Es utilizado en elementos de baja responsabilidad como son puertas capos guardabarros etc. y en componentes de alta responsabilidad de seguridad estructural como son largueros travesaños, parantes etc.

El proceso de embutición es un proceso que se realiza a láminas de acero con el fin de dar un diseño hueco con una forma específica o determinada mediante un proceso basado en el estampado.

El proceso de embutición es un proceso de conformado de metales en la cual se utiliza una prensa, la cual consta de los siguientes componentes principales, una matriz, un pisador y un punzón. La matriz es el molde que tiene la forma hueca y es donde descansa la lámina o chapa de acero. El pisador mantiene la ubicación de la lámina contra la matriz y el punzón es el que ejerce presión a la lámina de acero, obligándola a la chapa a insertarse en el molde tomando la forma de la matriz y dando como resultado una pieza.

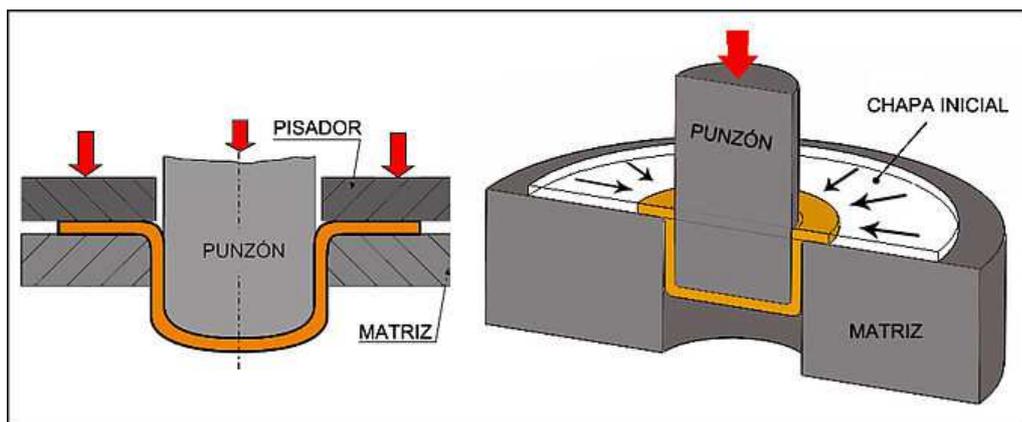


Figura 3.15 Proceso de embutición
Fuente: Bryan Salazar López.

3.4.1 Tipos de embutición.

Existen dos tipos de embutición aunque se aplica el mismo principios o método en el proceso de conformado del material, son utilizados de distintas maneras para dar características especiales que son requeridas en una pieza y según el uso que va a tener.

3.4.1.1 Embutición en frío.

La embutición en frío se la realiza a temperatura ambiente tanto sus láminas como la prensa. La embutición en frío se la realiza cuando se necesita que el material a trabajar no

varíe ninguna de sus características mecánicas, es decir que su desempeño no cambie debido al proceso de embutición.

a) Características.

- Mejor precisión
- Menores tolerancias
- Mejores acabados superficiales
- Mayor dureza de las partes
- Requiere mayor esfuerzo

3.4.1.2 Embutición en caliente.

La embutición en caliente se la realiza sometiendo la chapa o lamina a temperatura aproximada de 800 a 850, por lo general se realiza este proceso de embutición cuando el material no es conformado en frío, debido a varios factores como son cuando la lámina presenta una mayor resistencia a la que la prensa aplicaría, o cuando el material llegaría a fracturarse en el proceso de embutición se lo somete a temperatura para que sea maleable el metal se manipule de mejor manera en el proceso de conformado.

a) Características.

- Mayores modificaciones a la forma de la pieza de trabajo
- Menores esfuerzos
- Opción de trabajar con metales que se fracturan cuando son trabajados en frío

3.4.2 Cambio de propiedades influenciadas por la temperatura.

Existe una serie de propiedades que cambian cuando un metal es sometido a una temperaturas elevadas su estructura interna se ve alterada sus moléculas cambian, su tamaño de grano, y dependiendo de esto su ductilidad y resistencia siendo estas proporcionalmente inversas, y dependiendo de resultado requerido son sometidos a distintos tratamientos térmicos.

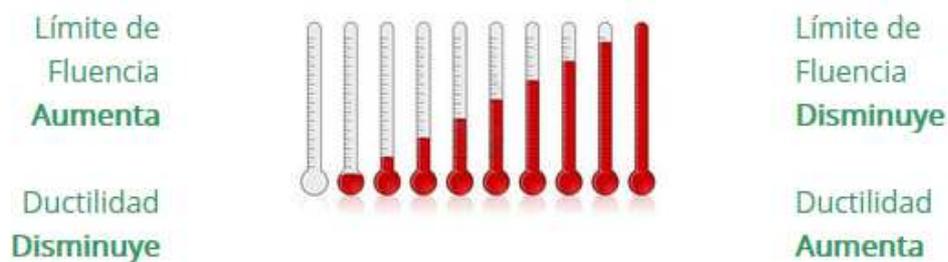


Figura 3.16 Cambio de propiedades por temperatura
Fuente: Bryan Salazar López.

3.5 Reparaciones de Componentes Estructurales.

Hay que realizar una evaluación estructural del vehículo para determinar su operatividad y su fiabilidad después de una reparación, se basada con las medidas originales del vehículo y determinar la deformación que una sección o pieza se ha retraído producto del impacto.

Cada vehículo posee una ficha con las medidas originales estructurales además de establecer medidas entre puntos específicos del vehículo donde se establecen secciones a medir para comprobar puntos y posibles deformaciones en una sección del vehículo.

la reparación de componentes estructurales se realizaran con equipos de enderezado situados en una bancada, dependiendo del impacto recibido es importante realizar un análisis estableciendo puntos adecuados de anclaje , al momento de realizar la reparación hay que tomar en cuenta la dirección del impacto ya que se realizara el enderezado o retracción en el mismo sentido para que la pieza tome su posición original, sin alterar las dimensiones o causando deformaciones de componentes aledaños o solidarios a este mismo.

Además en el momento de su reparación hay que evitar modificar los componentes estructurales ya que varían sus propiedades mecánicas por lo que es recomendable nunca someter a temperaturas elevadas en reparaciones. Por lo que cualquier proceso de reparación se lo realiza en frío.

3.5.1 Preparación para los trabajos de enderezado.

Se realiza inspecciones visuales para determinar las áreas afectadas de contacto, después de un impacto considerable existen daños colaterales o secundarios en el vehículo, no son encontrados con facilidad, se utiliza el reflejo de la luz y el tacto en la pintura como un indicador de una deformación en una zona afectada.

3.5.2 Estudio del impacto.

Es importante tener una información previa sobre el accidente o siniestro sufrido por el automóvil ya que esta información es de mucha ayuda al determinar zonas afectadas. Es importante saber o tener una noción sobre contra que fue el impacto y a qué velocidad, teniendo una idea de la profundidad y dirección del daño.

3.5.3 Mediciones de diagnóstico.

Existe una preparación antes de realizar cualquier práctica de enderezado en un componente vehicular como son la de tomar mediciones previamente y compararla con las obtenidas del vehículo por parte del fabricante.

Los implementos usados en la medición del vehículo son cintas métricas, metros rígidos, compas sirven para determinar un análisis de la gravedad sufrida en la estructura del vehículo estableciendo que partes serán cambiadas o enderezadas en cada zona donde presenta algún tipo de deformación.

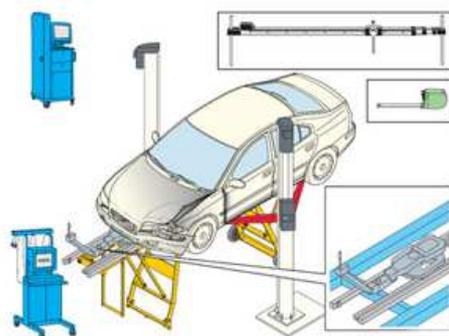


Figura 3.17 Mediciones preliminares
Fuente: Martech Car.

3.5.4 Desarmado.

Para facilitar el trabajo de enderezado tenemos que realizar el desarmado de ciertos componentes para tener una mejor accesibilidad al componente estructural dañado, ya que dificultan el trabajo o presentan danos por efecto del templado de una zona.

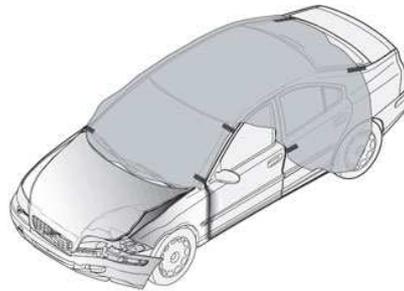


Figura 3.18 Desarmado de carrocería
Fuente: Martech Car.

3.5.5 Colocación de vehículo en la bancada.

En la actualidad los vehículos vienen determinados con zonas establecidas por los fabricantes en el manual de reparación o en instrucciones de fábrica de la bancada, donde se establecen las zonas o puntos de anclaje del vehículo de esto depende las sujeciones de las mordazas hacia la estructura o chasis del vehículo. Debido a que el vehículo tiene zonas de alta resistencia capaces de soportar la corrección en su estructura.

Además que guiándose con los puntos adecuados se garantiza que la corrección de ángulos y de secciones sean las adecuadas.

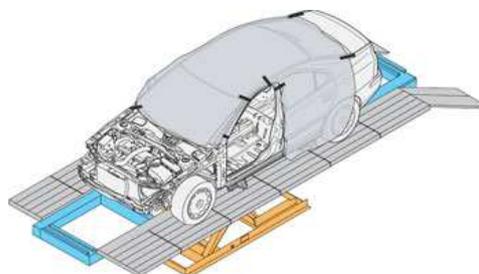


Figura 3.19 Colocación en bancada
Fuente: Martech Car.

3.5.6 Mediciones de bancada.

Cuando el vehículo ya está situado en la bancada se realizan mediciones para ver qué zonas se han deformado, y establecen las direcciones en las que serán corregidas

Se establecen puntos de referencia teniendo una guía de las reparaciones que se están realizando, viendo si es que se progresivamente se ven corregidas. En caso que se ve afectado alguno de los costados estructurales impidiendo establecer algún punto de referencia se selecciona que el costado sin afectación.

Se realizan mediciones del cuadrante o panel del techo y piso del vehículo verificando que no exista algún tipo de desplazamiento de la cabina o zona central del automóvil.



Figura 3.20 Medición en bancada
Fuente: Martech Car.

3.6 Equipo de enderezado o de estiramiento.

Existen herramientas elementales y comúnmente utilizadas en los bancos de enderezado y que sirven esencialmente para el templado de componentes, sujeciones, anclajes utilizados para mantener y sostener la estructura además de implementos que sirven de soporte estructural que son adicionados en la cabina para aumentar la resistencia y evitar posibles deformaciones adicionales a la carrocería.

3.6.1 Gatos de estiramiento.

Equipo de tipo hidráulico utilizado como alineador o estirador de elementos consiste generalmente de un cilindro hidráulico que al ser accionado con una bomba hidráulica o neumática, se genera que en sus brazos extremos conectados a la bancada y a su vez a cadenas de tiro se separen generando una tensión usada para la de templado del elemento. Con sus respectivas variaciones en su ángulo variaran, conforme se realice la rectificación.

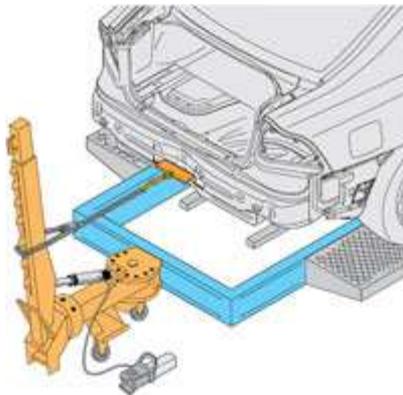


Figura 3.21 Gato de estiramiento
Fuente: Martech Car.

3.6.2 Elementos para estiramientos vectoriales.

Los elementos de estiramiento vectorial son utilizados para estirar de distintos puntos a la misma vez esa es su principal característica. Consisten en varios puntos de sujeción que ejercen una fuerza vectorial simultáneamente en todos los puntos para una corrección estructural uniforme. Son accionados neumática o hidráulicamente.

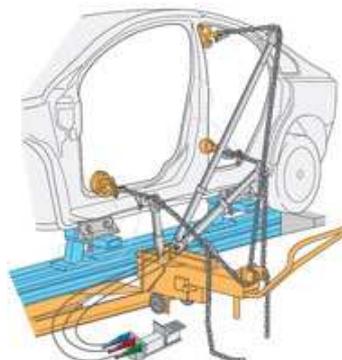


Figura 3.22 Elementos de estiramiento vectorial
Fuente: Martech Car.

3.6.3 Ángulos de tracción.

Cuando se aplica un estiramiento vectorial depende mucho del Angulo utilizado para realizar una rectificación correcta es decir que tome la dirección estándar del vehículo, una variación del Angulo según la pieza está siendo reparada.

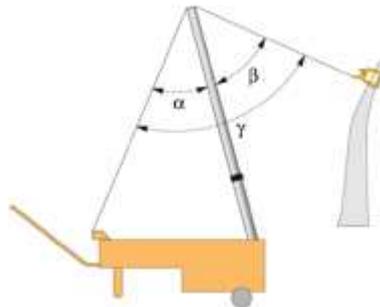


Figura 3.23 Ángulos de tracción
Fuente: Martech Car.

3.6.4 Mordazas.

Las mordazas son utilizadas como sujeciones para realizar los anclajes de la carrocería de secciones donde se realizar la corrección y van a ser sometidos a una fuerza angular. Existen algunos tipos de mordaza pero su función sigue siendo la misma.

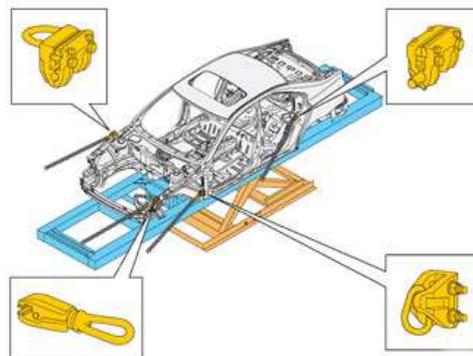


Figura 3.24 Tipos de mordazas
Fuente: Martech Car.

3.6.4.1 Mordazas autoblocantes.

Mordaza de forma cónica utilizada para secciones en las cuales se necesita aplicar mayor fuerza de sujeción.

3.6.4.2 Mordazas finas.

Mordazas utilizadas para lugares de difícil acceso son apropiadas para este tipo de trabajo debido a su forma pequeña y accesible para estos lugares.

3.6.4.3 Mordazas para techos.

Mordaza con diseño especial para anclarse a los rieles del techo utilizados específicamente para este tipo de trabajos.

3.6.5 Ganchos o platinas.

Son utilizados para secciones cuando requiere una rectificación pero con una deformación mínima es decir efectuar tiros pero sin deformaciones, son específicas para cada sección del automóvil.

3.6.6 Retractor o rodillos de tracción.

Son utilizados para seleccionar la distancia correcta del elemento de tiro es decir la cadena mediante el uso de ellos se alarga o acorta la distancia de la cadena o para realizar el anclaje o la unión de dos cadenas entre sí.

3.6.7 Tornillos de ajuste y herramientas para huecos.

El tornillo de ajuste es usado en la alineación de una sección, de la carrocería además de ser utilizada como un tensor. Mientras que las herramientas de huecos es utilizado para reforzar una sección y brindarle mayor rigidez es utilizado para evitar deformaciones no deseadas.

CAPITULO 4

4 Pruebas de laboratorio.

4.1 Vehículo e impacto seleccionado.

Para este proyecto se ha seleccionado uno de los carros más vendidos en el Ecuador durante los últimos años, con más unidades vendidas es el Chevrolet Aveo, y el choque más común según estadísticas que es el impacto frontal en sus secciones: frontal lateral y frontal central.

Por lo que se adquirió parte de un Chevrolet aveo con un impacto frontal lateral que tuvo un accidente frontalmente contra un Chevrolet vitara.

Como se puede apreciar en las imágenes la zona de impacto fue la parte delantera izquierda donde fue extraído el larguero inferior izquierdo para realizar su posterior reparación



Figura 4.1 Chevrolet Aveo impactado
Fuente: Del Castillo y Herrera.

Tabla 4.1 Reparación larguero

Reparación larguero Aveo	
Tipo de golpe:	Impacto delantero contacto parte lateral izquierda
Bancada:	La reparación se realizó en una bancada de plataforma con torres de anclaje
Operación realizada:	Rectificación estiramiento del larguero realizado en dos secciones: Sección 1: sección reparada por templado en frío Sección 2: sección reparada sometida a calor y posterior estiramiento
Método	Reparación de las cotas de los largueros hasta medidas estándar

Fuente: Del Castillo y Herrera.

4.2 Reparación larguero izquierdo.

El larguero fue dividido en dos secciones para su reparación como se aprecia en la foto de las cuales fueron reparadas por distintos procesos para determinar las afectaciones que una pieza se basa en los resultados de las pruebas a realizar.



Figura 4.2 Secciones para extracción de probetas

Fuente: Del Castillo y Herrera.

4.2.1 Sección 1.

Parte reparada en frío en bancada con puntos de anclaje y mordaza

4.2.2 Sección 2.

Parte sometida a temperatura mediante antorcha de suelda autógena reparada y enderezada en bancada cuando el material todavía presentaba signos de calor.



Figura 4.3 Secciones impactadas del larguero
Fuente: Del Castillo y Herrera.

4.2.3 Proceso de reparación.

1. Antes de realizar cualquier proceso de reparación es importante retirar cualquier otro elemento que se complica el acceso a la pieza en el caso de un impacto frontal lateral lo que se retira en el vehículo es el paragolpes, travesía del paragolpes, faros, radiador.
2. La estructura es subida a la bancada ubicándola y asegurándola.
3. Se aseguran las mordazas de anclaje en los estribos laterales del vehículo para evitar que el vehículo se desplace dentro de la bancada.
4. Se verifican las medidas originales o estándar del vehículo.
5. Se toman las medidas en las cotas necesarias y se establecen los puntos en los que hubo un recorrido y se las repara.
6. Se establecen puntos de referencia que sirven de puntos para las medidas posteriores de reparación.

7. El larguero izquierdo es medido en sus puntos de referencia que son situados en sus extremos.
8. Se montan las mordazas en el larguero en las cuales se aplicara la carga o la fuerza de tiro hasta sus medidas correctas.
9. Se realiza el montaje de las cadenas con las mordazas como puntos de tiro.
10. Se empieza el estiraje de la pieza de manera progresiva.
11. Cuando el larguero es templado, con ayuda de un martillo se empieza la corrección de los pliegues o arrugas que se han producido en la punta del mismo.
12. Una vez terminado se verifican las mediciones realizando una comparación con las medidas originales del vehículo y se mide que la dirección que ha tomado el larguero sea la altura correcta.
13. Se proceden a cambiar los puntos de tiro para corregir la longitud del larguero sin variar la altura del mismo y se realiza la corrección longitudinal.
14. Con el larguero aun templado se corrigen las arrugas o pliegues presentes que se pudieron producir entre el larguero y el pase ruedas.
15. En caso que la punta del larguero se encuentre afectada se produce un recambio de la misma por lo que con una sierra neumática se realiza el corte total de la zona que ocupa la punta.
16. Se realizan las correcciones necesarias con el martillo hasta dejar la superficie plana para su posterior recambio.
17. Se ubica la punta de recambio con ayuda de gatos y mordazas de presión poniéndola en la posición correcta.
18. Antes de soldar se mide las cotas para verificar su posición correcta y en caso que sea necesario mediante un martillo de golpe colocarla en la posición.
19. Se procede con la soldadura de la pieza con suelda MIG/MAG

20. Se verifican las medidas de reparación.

El tipo de impacto que se utilizó para la realización de las pruebas, fue un frontal debido a que es el impacto según estadísticas el más afectado.

4.3 NTE INEN 0109: ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.

4.3.1 Objetivo.

Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

4.3.2 Alcance

- Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.
- Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

4.3.3 Descripción de la norma.

Esta norma detalla los procesos que se llevan a cabo para realizar los ensayos de tracción de diferentes tipos de materiales metálicos, sometiendo a una probeta normalizada a una fuerza axial constante, que va acorde a sus dimensiones, hasta que llega a romperse determinando así las diferentes propiedades mecánicas del material ensayado. El ensayo es realizado a temperatura ambiente comprendida entre 10°C y 35°C, caso contrario se deberá especificar a la temperatura que se lo realizara debido a que las propiedades mecánicas al momento de ensayar pueden variar. Esta norma se aplica para los ensayos de diferentes tipos de probetas cilíndricas o planas normalizadas, según sean los requerimientos o motivos del ensayo.

4.3.4 Preparación de la muestra.

Las probetas que se utilizan en los ensayos de tracción son fabricadas de varias formas, el corte transversal de la probeta es redondo, cuadrado, rectangular y en casos particulares serán planas, en fin, la forma y dimensiones de la probeta dependerá bastante de las piezas de donde se extraigan las probetas y de las propiedades que se van a determinar mediante el ensayo.

Normalmente a probetas de en forma de láminas, alambres no es necesario realizar ningún tipo de maquinado para realizar los ensayos, basta con que tenga la longitud inicial correcta y que se adapte a las mordazas de la máquina para proceder con el ensayo, pero las probetas redondas, cuadradas o de algún elemento fundido si sería sometidas a un maquinado para que los extremos en el corte transversal, se le pueda dar la forma correcta para que la sujeción en las mordazas sea la correcta y no se suelte al momento de aplicar la carga axial durante el ensayo.

4.3.4.1 Preparación de probetas planas.

Se puede realizar ensayos con probetas planas con espesores muy pequeños de 0.1 a 0.5 mm. Generalmente los extremos de las probetas planas son más anchas que la su sección paralela, esto se obtiene después de realizar un maquinado en ella con la ayuda de limas para darle forma a su sección paralela. Igual que en el otro tipo de probetas, la forma y las dimensiones dependerán de la forma y dimensiones del producto de donde se extraiga la probeta.

Para obtener el acabado final de estas probetas, se realiza con herramientas que no afecten las propiedades mecánicas de las mismas, es decir, no son herramientas que generen altas temperaturas para darle la forma adecuada. De igual manera, cuando se va a extraer probetas con un espesor muy pequeño, se recomienda extraerlas ensambladas buscando la manera de no alterar sus propiedades.

4.3.4.2 Método de agarre.

Todo tipo de probeta, sin importar su forma, se adapta de forma correcta a las cuñas o mordazas de la máquina de ensayos de tracción, esto depende del maquinado que se les dé o de la forma que esta tenga. Es importante el agarre ya que al momento de aplicar la carga axial soportaran de la mejor manera posible sin llegar a soltarse, caso contrario los resultados varían al determinar la fluencia o la elongación del material.

La exactitud de los resultados dependerá del agarre y de varios factores más como el tipo de maquina en el que se ensaya, el diseño de las probeta, su longitud, y los valores que se ingresen en la maquina

4.3.5 Informe de resultados.

El informe de resultados poseerá como mínimo la siguiente información.

- a) Referencia de la norma con la que se realizó la probeta, NTE INEN 0109.
- b) Identificación de la probeta.
- c) Naturaleza y procedencia del material, si se conoce.
- d) Tipo de probeta.
- e) Propiedades medidas y resultados.

4.3.6 Análisis de la gráfica esfuerzo-deformación.

En la gráfica esfuerzo-deformación, antes de llegar al punto A, que representa al límite elástico, se observa una recta lo que significa que si la fuerza aplicado es inferior y no sobrepasa al límite elástico, el material vuelve a recuperar su forma inicial después de aplicar la fuerza, eso significa que el material se comporta de forma elástica. Si de lo contrario, se aplica la fuerza hasta sobrepasar el punto A, el material pasa a su zona plástica, en la cual la deformación ya no es reversible a su forma original y obtienen deformaciones permanentes, por más que ya no se aplique la carga, el material ya no toma su forma inicial.

En el punto AB existe una pequeña caída de fuerza, debido a que la carga aplicada sobrepasa el límite elástico y a la resistencia que permitía que el material regrese a su forma original, dando paso a la zona de fluencia en el punto BF en el cual sin necesidad de aumentar la carga el material sigue cediendo, este punto se denomina esfuerzo de fluencia o límite de fluencia, después de esta zona empiezan las deformaciones plásticas.

Si la deformación llega hasta el punto P, la deformación se produce hasta el punto P', y en el caso en que se deje de aplicar la fuerza el material regresara hasta el punto E pero se mantendrá con la deformación permanente OE.

A medida que se siga aplicando la fuerza, el material sigue alargándose de forma plástica en la zona P y aunque disminuya la tensión, el material se alargara hasta llegar a la rotura, pero antes de romperse llega a un punto denominado resistencia a la tracción o límite de rotura, punto C, en el cual el estiramiento es tan largo que se genera una reducción del área de la probeta, en este punto la probeta se considera prácticamente rota, aunque físicamente no lo podamos notar, internamente su estructura granular se encuentra muy afectadas. Después de este punto llega la rotura física total del material en el punto D y el decaimiento de la fuerza.

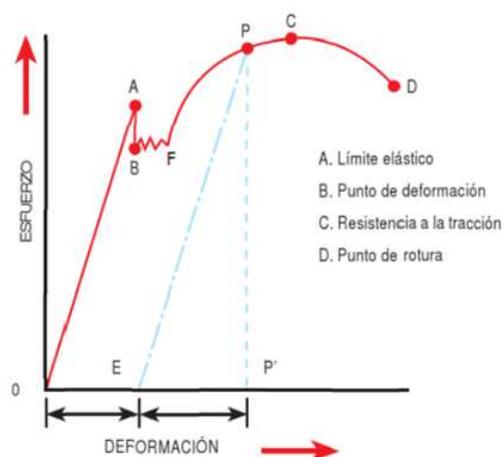


Figura 4.4 Esfuerzo deformación

Fuente: Tomás Gómez, José Navarro, Eduardo Águeda y José García

- Punto A, límite elástico = 359,48 MPa

- Punto C, resistencia a la tracción = 414,38 MPa
- Punto D, punto de rotura, la probeta se rompe con una carga de 947 N a una elongación de 8,81 mm
- Elongación de la probeta en 25 mm 36.08%
- Deformación unitaria ε

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$$\varepsilon = \frac{36.8 \text{ mm} - 25 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon = \frac{11,8 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon = 0,472 \text{ ~~mm~~} = \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ ~~mm~~}} = 4.72 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- Esfuerzo unitario σ

Donde:

$h = 25 \text{ mm}$, altura de la longitud calibrada de la probeta.

$a = 6.25 \text{ mm}$, ancho de la longitud calibrada de la probeta.

$b = 1.65 \text{ mm}$, espesor de la longitud calibrada de la probeta.

$$A = 2 \cdot [(a \cdot b) + (a \cdot h) + (b \cdot h)]$$

$$A = 2 \cdot [(0,0625 \cdot 0,0165) + (0,0625 \cdot 0,25) + (0,0165 \cdot 0,25)]$$

$$A = 0,042 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\sigma = \frac{947 \text{ N}}{0,042 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 22547,61 \text{ Pa} = 0,022 \text{ MPa}$$

Donde:

$\sigma = \text{Esfuerzo}$.

$F = \text{Fuerza.}$

$A = \text{Area de seccion transversal de la probeta.}$

$\varepsilon = \text{Deformacion.}$

$L = \text{Longitud final.}$

$L_o = \text{Longitud inicial.}$

- Modulo de elasticidad.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\epsilon = \frac{22547,61\text{Pa}}{0,042 \text{ m}^2} = 0,5368 \text{ MPa}$$

Donde:

E= modulo de elasticidad.

4.4 Pasos a considerar para la extracción de una probeta.

1. Seleccionar la norma en la cual se usara como base y guía para la extracción de muestras.
2. Realizar un análisis de la parte afectada del vehículo según el tipo de impacto determinando los componentes estructurales que llegan a afectarse.
3. Es importante seleccionar una pieza afectada de la cual se extraeran las probetas y que sea una pieza accesible.
4. Una vez identificado el elemento el cual se va a estudiar, es importante realizar mediciones preliminares para tener una idea del área en la cual se trabajara.
5. Establecer el número de probetas que serán extraídas en base a normas y el espacio de trabajo en la pieza.
6. Reconocer el espesor de la pieza para ver que sea la misma y uniforme en las secciones previamente seleccionadas.

7. Realizar el trazado del área aproximada de la probeta marcándolas en la pieza, evitar seleccionar secciones que presenten pliegues, huecos, ángulos.
8. Seleccionar un método de corte para la extracción de las piezas evitando procesos en los que se generen un exceso de temperatura en el acero, evitando variar sus propiedades físicas.
9. Realizar el marcado final del lugar donde se extraerán las probetas planas sobredimensionándolas como medida de seguridad, además de hacer marcas en las zonas de extracción y probetas como identificación de cada una.
10. Cuando se estén realizando los cortes si se nota una concentración de calor en la zona de trabajo tomar un descanso permitiendo el enfriamiento de la pieza.
11. Al extraer la muestra evitar deformarla manteniéndola de la misma forma plana con la que se la extrajo.
12. Una vez extraída la primera sección empezar con la delimitación de la zona exterior de probeta marcándola con las medidas finales de la probeta.
13. Empezar con el proceso de limado de la los costados con una lima midiendo contantemente con una escuadra que los él limado sea recto y parejo, también hacer uso del calibrador de vernier o pie de rey para tener una medida precisa y que este dentro de los límites de la norma usada hasta que esta sea la correcta.
14. Empezar la delimitación de la zona calibrada de la probeta siendo este la parte más delicada ya que el margen que existe en esta zona es generalmente milésimas de error independientemente de la norma, por lo que un proceso minucioso y que lleva tiempo hacerla, hacer uso del calibrador de vernier para constatar que el limado sea el correcto hasta llegar a lo requerido

15. Ya con las probetas finalizadas se procede con las pruebas de tracción ubicándolas en el orden de pruebas según su identificación y orden previamente realizado según el estudio.

4.5 Factores que influyen en la extracción de una probeta.

Para realizar la extracción de una probeta de cualquier zona estructural del vehículo es necesario establecer las zonas que serán examinadas tanto en la zona frontal central o trasera del automóvil y según su estudio establecer el número de probetas que se van a obtener como resultado final, para lo se tomaría en cuenta el aspecto más importante de todos que tan accesible es el lugar que se trabaja, al estar trabajando con ensayos normados se tiene establecidas medidas que cumplirán las probetas a ensayar por esa razón hay que tener en cuenta la sección en la que se trabaja permitiendo extraer las probetas .

Las medidas de una probeta llegan a ser limitantes al momento de la extracción de una muestra ya que no de todas las secciones se pueden extraer por el espacio requerido debido a que en algunas secciones se encuentran con Ángulos o huecos.

tener muy en claro cuántas probetas serán extraídas de una misma sección por diferentes motivos el primero es el espacio de trabajo y de extracción de las probetas, es importante que cuando se está realizando una comparativa de propiedades las probetas deben ser sacadas de una misma sección lado o superficie de la pieza para tener medidas más reales y sin tantas variaciones de una probeta con otra, entre más probetas se puedan ensayar es positivo para el estudio para realizar comparaciones y promedios de los resultados.

Otro limitante es que al desear trabajar con probetas tipo planas es que la superficie debe ser de la misma, por lo que no se puede realizar una extracción de una zona curva o con Angulo, ya que no deberían ser enderezadas manualmente ya que se alterarían los

resultados. Al igual que se evitaran zonas que tengan pliegues, ya que es común encontrarse en la carrocería con puntos deformables, que son zonas que actúan en la deformación programable de un vehículo ante una colisión y que de extraerse una probeta de esta zona se obtendrían alteraciones en las pruebas ya que son partes diseñadas para que cedan ante un impacto.

El grosor de la probeta debe ser uniforme en toda la sección es decir el espesor debe ser igual en todas las sección de la probeta.

El material debe estar en buen estado y no presentar síntomas de corrosión ya que eso demostraría que el material está deteriorado, en el caso que se ha extraído una probeta con presencia de óxido o corrosión se puede remover en el caso que no sea muy profundo de la superficie de un probeta y posteriormente verificar que las medidas sean correctas y que no se encuentre alterado su espesor siendo uniforme la pieza.

4.6 Elaboración de las probetas

La elaboración de las probetas fue realizada bajo la norma ASTM A370 en las cuales se especifican valores con diferentes dimensiones. De la cual se seleccionó la más apta para este tipo de trabajo debido a que las secciones en el larguero eran reducidas, por lo que se optó por seleccionar las medidas de 100mm x10mm.

Una vez definidas las zonas del larguero que fueron reparadas de distintas maneras se marcaron los lugares donde se sacarían las probetas de acuerdo a su tamaño.

Del larguero se extrajeron un total de 10 probetas que fueron divididas de la siguiente manera

- 1 probeta de prueba
- 2 probetas estándar sin impacto
- 3 probetas reparadas en frio
- 4 probetas reparadas mediante calor

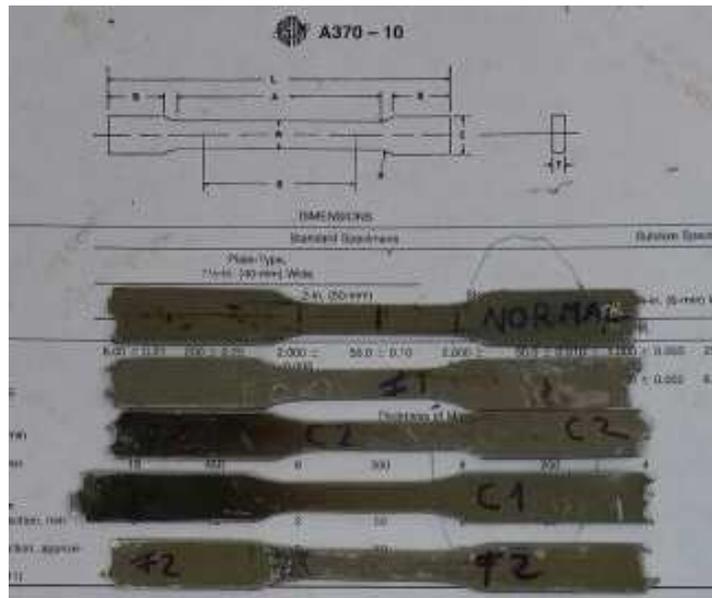


Figura 4.5 Probetas antes del ensayo
Fuente: Del Castillo y Herrera.

Se extrajo una probeta de prueba la que fue utilizada para realizar el ensayo y verificar que no exista ningún tipo de fallo al momento de realizar el estiramiento de la probeta, ya que debido a que la probeta es de acero y de forma plana existía la posibilidad que se resbale de la maquina durante el ensayo y alteraría de manera significativa los resultados. En el caso de fallar la probeta de prueba se procede a extraer otra probeta con diferentes dimensiones pero cumpliendo con las medidas dadas por la norma.

Se realizó la prueba sin ningún problema obteniendo resultados que se esperaban de las probetas.

4.6.1 Medición de las áreas

Se determinó las distintas zonas en las que se produjo la deformación y que posteriormente fue reparada por los dos distintos métodos por templado en frio y templado con calor y se procedido a marcar la zonas con sus respectivas medidas debido a que las probetas a utilizar eran de 100mm x10mm

Se dejó una distancia considerable que fuero 120mm x20mm para que al momento de extraer las probetas no exista alguna alteración en sus medidas por los cortes. Se realizó

las respectivas señales para posteriormente realizar los cortes como se puede ver en la figura 4.6.



Figura 4.6 Extracción de las probetas
Fuente. Del Castillo y Herrera.

4.6.2 Cortes en el larguero.

Los cortes no se los realizó con amoladora debido a que las zonas del larguero son de difícil acceso para el disco de corte, además que se produce excesivo calor en las probetas que están siendo extraídas afectarían su estructura interna y alterando los ensayos en el laboratorio.

Se utiliza un taladro para realizar huecos sucesivos obteniendo un corte de la pieza y así extraer las probetas de una manera que no estén expuestos a mucho calor.

Con la ayuda de una punta se los marca en los lugares donde se iban a realizar las perforaciones en el área marcada previamente para evitar algún error en la extracción tal como se indica en la figura 4.7.



Figura 4.7 Proceso de elaboración de probetas
Fuente: Del Castillo y Herrera.

4.6.3 Área externa de la probeta

Al extraer la probeta se lo realizo con unas medidas mayores para evitar cortes erróneos en la probeta se tenía que definir el área de la misma que son 100mmx10mm. Por lo que se marcaron puntos de referencia dibujando del área necesita en la pieza extraída.

Sosteniéndole con la entenalla y ayuda de una lima plana de grano grueso se procedió a limar de manera uniforme, las secciones laterales de la probeta teniendo cuidado de no deformar los bordes y realizarlo de una manera plana como se indica en la figura 4.8.



Figura 4.8 Área externa de la probeta
Fuente: Del Castillo y Herrera

4.6.4 Zona de longitud calibrada

antes de realizar cualquier trabajo de desbaste en la probeta hay que tener en cuenta las medidas que tiene la zona calibrada de la probeta ya que tienen medidas específicas en este caso la sección debía tener un medida de 6,25 mm con un margen de error de 0.05mm.

Para tener referencial al momento de limar se dividir la probeta en sus secciones medias para usarlas como referencia para establecer a partir de la línea media 1,62mm a cada lado, estas mediciones se las realizaban con ayuda del calibrador de vernier o pie de rey.

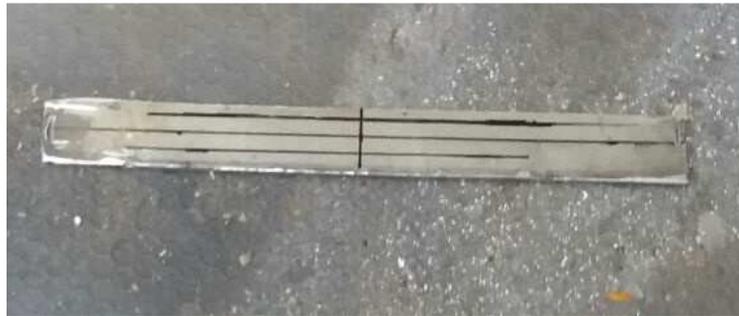


Figura 4.9 Mediciones para la longitud calibrada
Fuente: Del Castillo y Herrera

Una vez ya establecida la zona calibrada se procede a limar las superficies con ayuda de unas limas planas, redondas y curvas. Se realiza mediante el calibrador de vernier constantemente por que el área calibrada será precisa ya que tiene un margen de error pequeño y la zona más importante de la probeta.



Figura 4.10 Longitud calibrada
Fuente: Del Castillo y Herrera

4.6.5 Longitud de referencia

Esta se mide desde el centro hacia sus extremo medirá un total 25 mm con un margen de 0.08 mm. Esta longitud de referencia es utilizada para medir el porcentaje de elongación de cada probeta después de realizar su ensayo en el laboratorio y es utilizado como un dato final de resultados.

4.7 Elaboración de los ensayos.

Los ensayos de tracción se las realizo en un laboratorio normado de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Para la elaboración de los ensayos se realiza una serie de procesos previamente antes de poner las probetas en la máquina del laboratorio.

- Ser realiza la identificación de las probetas y establecer un orden de ensayos en cada una de ellas
- Se verifica que las medidas de cada una de ellas se encuentren con las medidas preestablecidas y que estén dentro de los límites permisibles
- Se mide el grosor de cada una de las probetas
- Se verifica la longitud de referencia
- Se realizan las anotaciones necesarias
- Se realiza la preparación de la máquina que consta de ubicar las mordazas para probetas planas según las mediadas de la probeta
- Se realiza el enceramiento o calibración del equipamiento
- Al momento de ubicar la probeta en las mordazas de sujeción el borde de la mordaza se ubica hasta que coincide con marcas de la longitud de referencia
- Se da inicio a la prueba de tracción
- Durante la prueba se documenta en video lo carga y esfuerzo a la que está sometida la prueba además de tener un respaldo de la prueba que se está realizando

- Se tabulan los resultados para realizar un informe

4.8 Resultados.

Se clasificara los resultados de las probetas estándar, frías y calientes para continuar su análisis. Se procede a sacar los promedios de los resultados de las propiedades mecánicas para realizar una comparativa con una tabla normada de las propiedades de los aceros y analizar qué tipo de acero es el que se utilizó para la fabricación de los largueros del Chevrolet Aveo.

4.8.1 Probetas sin Impactar.

Las probetas estándar son las que se extrajo de lugares donde no sufrió ningún tipo de deformación la pieza al momento del impacto ni al momento de la reparación, por lo que se obtiene resultados de una pieza estándar, que no fueron sometidos a temperaturas ni esfuerzos. Debido a que se obtuvo una variación entre los resultados de cada probeta, se opta por sacar un promedio de las propiedades para realizar una comparativa con el tipo de acero con el que está fabricado este larguero. A continuación los promedios de los resultados de las propiedades de las probetas estándar como se indica en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Promedio de probetas estándar

	Ancho	Espesor	Carga máxima		Límite de		Resistencia a la		Elongacion
	Promedio	Promedio	registrada		Fluencia		Tracción		en 25mm
	Mm	mm	lbf	N	ksi	Mpa	Ksi	Mpa	%
N1	6,16	1,65	947	4.212	52,14	359,48	60,1	414,38	36,08
N2	6,29	1,41	817	3636	50,24	346,38	59,47	410,01	41,12
Promedio			588	2616	51,19	352,93	59,785	412,195	38,6

Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.11 se observa la comparativa del límite elástico del acero SAE J2340 grado 300S y el promedio del límite elástico de las dos probetas estándar ensayadas. El limite elástico del aceroSAE J2340 grado 300S es de 300 a 400MPa y el

promedio de las probetas estándar ensayadas es de 352,93MPa, lo que significa que el resultado que se obtuvo esta dentro del rango del acero SAE J2340 Grado 300 S.

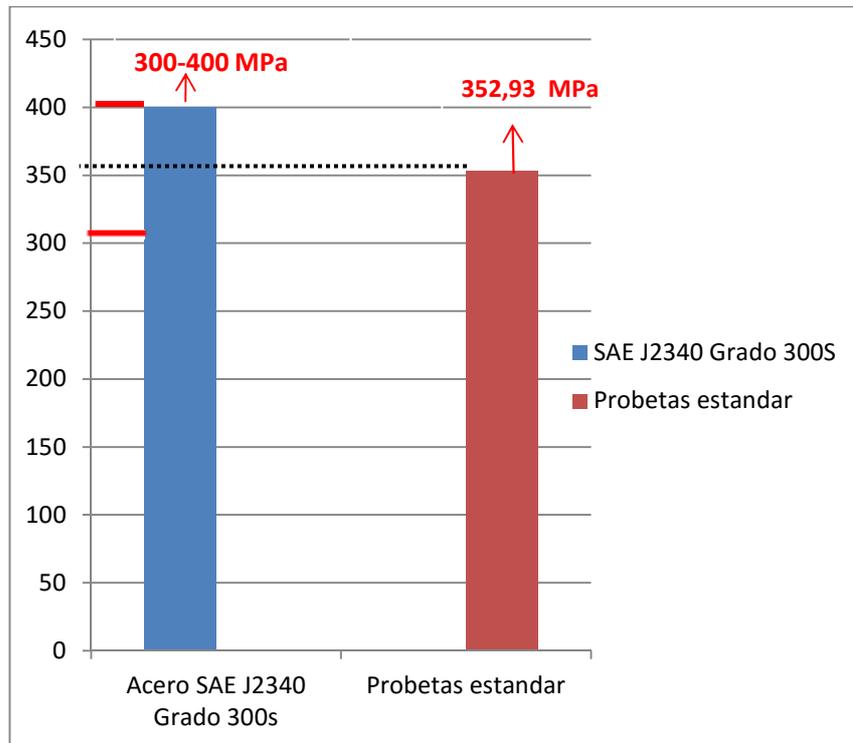


Figura 4.11 Comparativa limite elástico acero SAE J2340 grado 300S
Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.12 se realizó una comparativa de la resistencia a la tracción entre el acero SAE J2340 Grado 300S y la probeta estándar N1, se observa que la resistencia a la tracción del acero SAE J2340 va desde 390 a 420 MPa., mientras la probeta estándar N1 es de 414,38 MPa., lo que indica que la probeta N1 está dentro del rango del acero SAE J2340 Grado 300S.

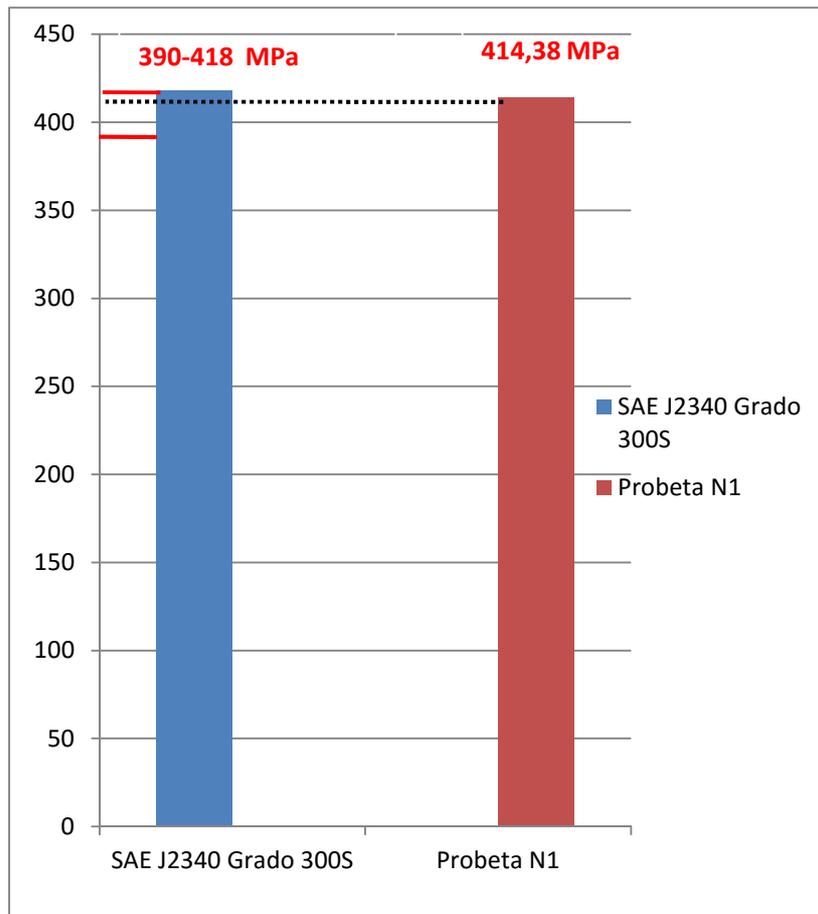


Figura 4.12 Comparativa resistencia a la tracción
Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.13 se observa la deformación que tiene la probeta N1 a medida que se va aplicando una carga, se ve que la resistencia a la tracción de esta probeta es de 414,38 MPa a una carga máxima de 947 lbf o 4212 N, es en ese punto cuando la carga aplicada empieza a decaer continuando con la deformación del material hasta que llega a su rotura total. En el punto donde se aplica la carga máxima, resistencia a la tracción, el material se considera rota la estructura interna y observa una reducción del área calibrada de la probeta, la cual es la responsable de que se forme la curvatura, lo que significa que el material tiene una alta ductilidad.

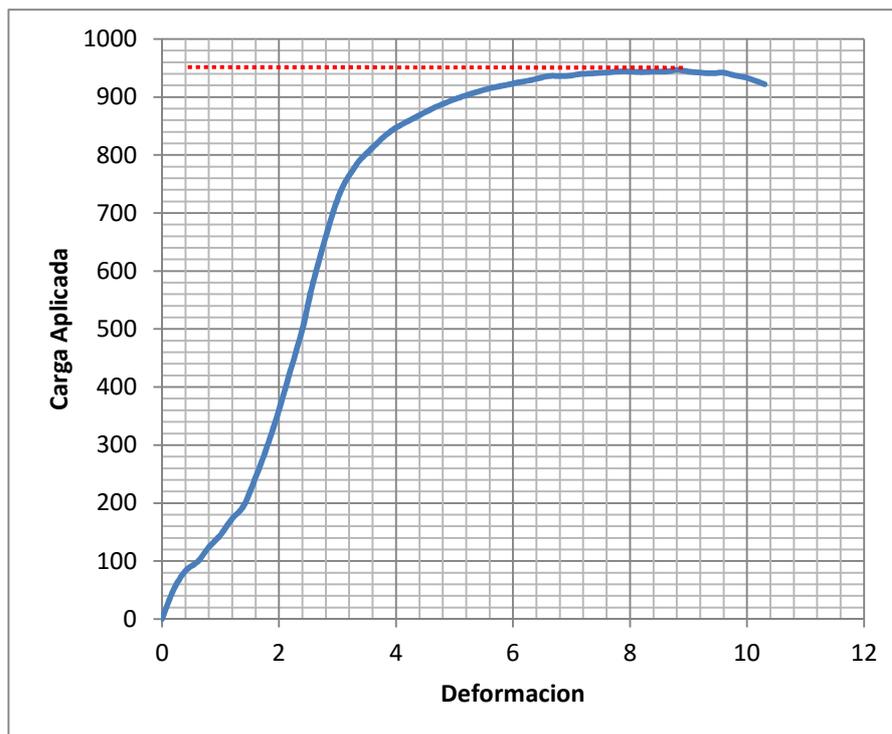


Figura 4.13 Esfuerzo deformación probeta N1
Fuente: Del Castillo y Herrera

4.8.2 Probetas Reparadas en Frio.

Las probetas frías fueron extraídas de lugares que después del impacto, se las sometió a procesos de reparación y templado en frio. Se pudo extraer tres probetas de las zonas reparadas en frio, de los cuales se obtuvieron diferentes resultados, es por eso que se procede a sacar un resultado promedio de las tres probetas, tal y como se indica en la siguiente tabla 4.3.

Tabla 4.3 Promedio de probetas reparadas en frio

	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga maxima registrada		Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		Elongación en 25mm
	Mm	mm	lbf	N	ksi	Mpa	ksi	Mpa	%
F2	6,27	1,32	844	3756	53,01	365,47	65,82	453,82	39,44
F3	6,18	1,55	964	4286	59,98	413,56	64,9	447,48	17,72
Promedio			904,00	4021,00	56,50	389,52	65,36	450,65	28,58

Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.14 se observa la comparativa del límite elástico del acero SAE J2340 grado 300S y el promedio del límite elástico de las dos probetas reparadas en frio.

El límite elástico del acero SAE J2340 grado 300S es de 300 a 400 MPa y el promedio de las probetas reparadas en frío es de 352,93 MPa, lo que significa que el resultado que se obtuvo está dentro del rango del acero SAE J2340 Grado 300 S.

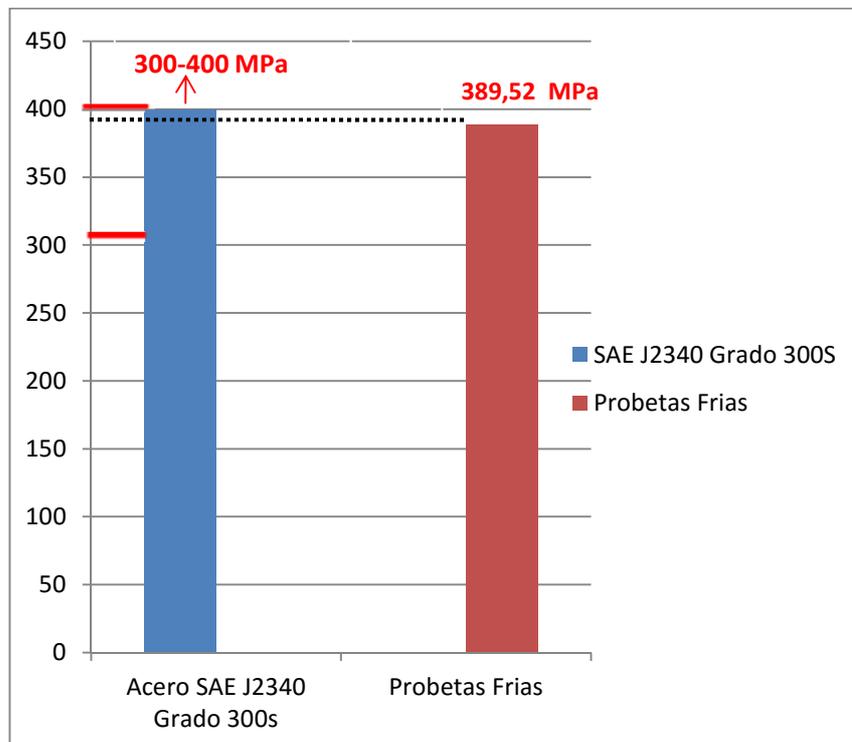


Figura 4.14 comparativa límite elástico acero SAE J2340 grado 300S
Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.15 se observa la deformación que tiene la probeta F2, a medida que se va aplicando una carga, se ve que la resistencia a la tracción de esta probeta es de 453.82 MPa a una carga máxima de 844 lbf o 3756 N, es en ese punto cuando la carga aplicada empieza a decaer continuando con la deformación del material hasta que llega a su rotura total.

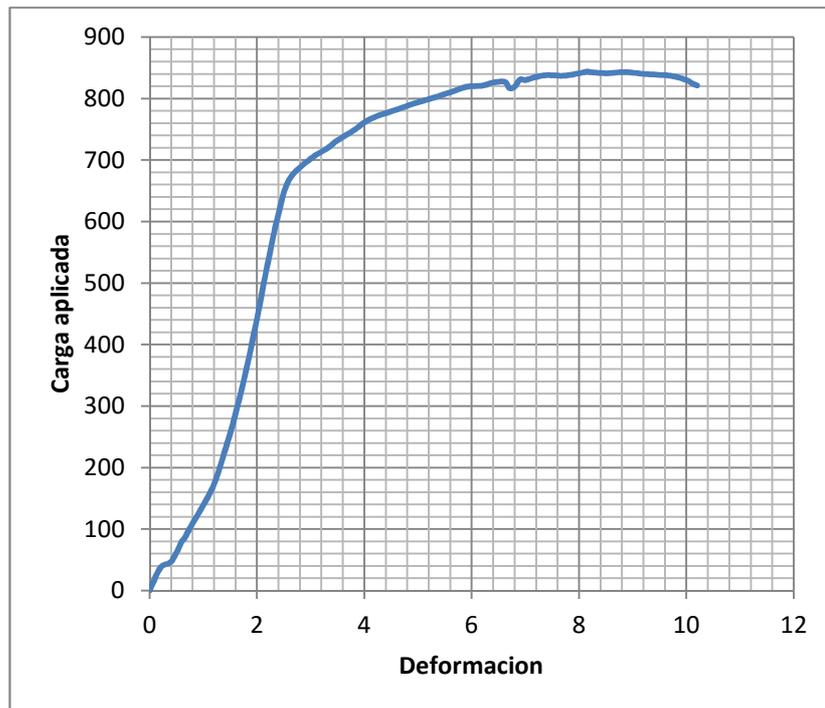


Figura 4.15 Grafico esfuerzo deformación probeta F2
Fuente: Del Castillo y Herrera

4.8.3 Probetas Reparadas por Calor.

Las probetas calientes fueron extraídas de lugares que después del impacto se las sometió a procesos de reparación y templado en caliente, a altas temperaturas para conseguir mejores acabados en la reparación y para obtener la variación de las propiedades del material. Se extrajo cuatro probetas de las zonas que se los reparo en caliente con distintos resultados cada una, es por esto que se saca un promedio de las cuatro probetas las cuales se indica en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Promedio de probetas reparadas en caliente

	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga maxima registrada		Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		Elongación en 25mm
			Lbf	N	ksi	Mpa	ksi	Mpa	
C3	6,18	1,5	785	3494	41,68	287,36	54,67	376,92	32,04
C4	6,22	1,36	858	3815	54,01	372,42	65,41	451	31,72
Promedio			821,50	3654,50	47,85	329,89	60,04	413,96	31,88

Fuente: Del Castillo y Herrera

En la figura 4.16 se observa la comparativa del límite elástico del acero SAE J2340 grado 300S y el promedio del límite elástico de las dos probetas reparadas en caliente. El límite elástico del acero SAE J2340 grado 300S es de 300 a 400 MPa y el promedio de las probetas reparadas en caliente es de 329.89 MPa, lo que significa que el resultado que se obtuvo está dentro del rango del acero SAE J2340 Grado 300 S.

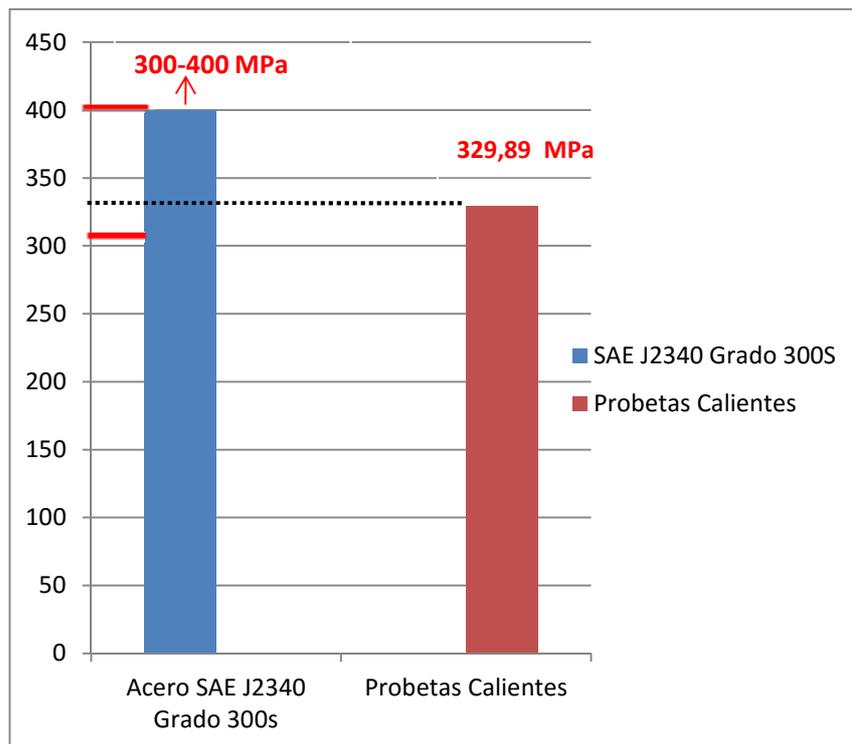


Figura 4.16 Comparativa límite elástico Acero SAE J2340 grado 300S
Fuente: Del Castillo y Herrera

En la siguiente figura 4.17 se observa la deformación que tiene la probeta C3, a medida que se va aplicando una carga, se ve que la resistencia a la tracción de esta probeta es de 376.92 MPa a una carga máxima de 785 lbf o 3494 N, es en ese punto cuando la carga aplicada empieza a decaer continuando con la deformación del material hasta que llega a su rotura total.

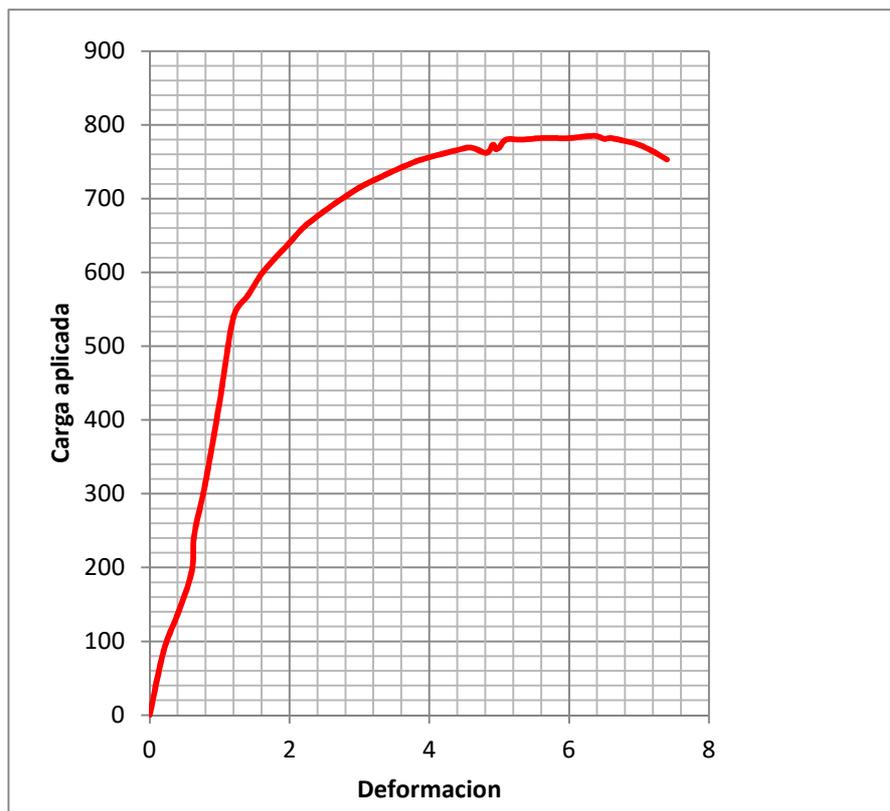


Figura 4.17 Esfuerzo deformación probeta C3
Fuente: Del Castillo y Herrera

4.9 Comparativa de resultados.

En la figura 4.18 se observa una comparativa entre las tres graficas de la carga aplicada vs deformación de las tres probetas, la estándar 1, fría 2 y la caliente 3. Se escogió estas probetas ya que se las extrajo de una misma sección, donde se observa la sección estándar, la que se reparó en frio y la que se reparó en caliente.

En esta comparativa se aprecia que la probeta estándar soporta la carga más alta y tiene la resistencia a la tracción más elevada a comparación de las otras dos, debido a que la una fue reparada en frio y la otra en caliente, esto conlleva a una pérdida de propiedades debido a los esfuerzos que son sometidos al momento de la reparación.

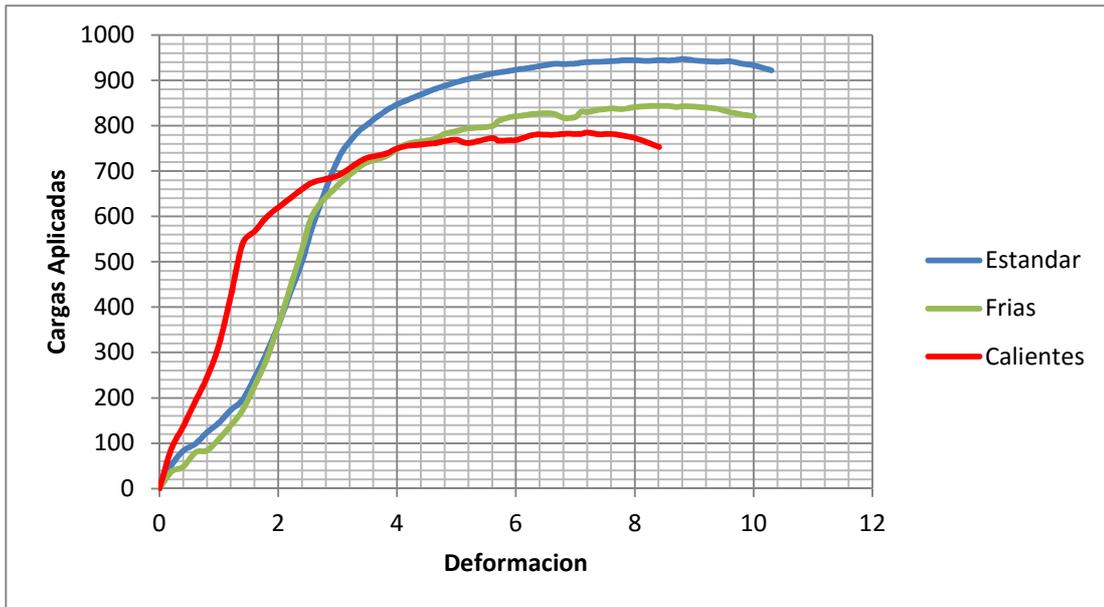


Figura 4.18 Esfuerzo deformación comparación probetas
Fuente: Del Castillo y Herrera.

Mediante el análisis y la comparación de los resultados de los promedios de los diferentes tipos de probetas estándar, frías y calientes, se obtendrá una comparativa con el acero AISI 405, que también pertenece al grupo de los aceros IF.

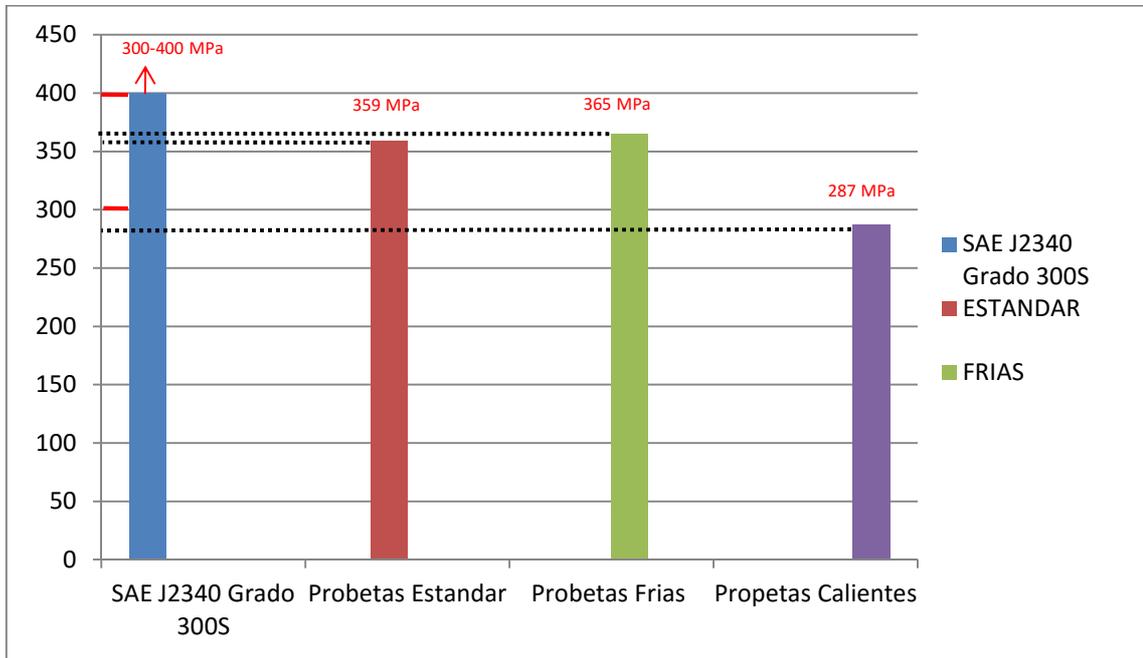


Figura 4.19 Comparativa límite elástico SAE J2340 grado 300S
Fuente: Del Castillo y Herrera.

4.10 Análisis de resultados.

Después de obtener un promedio de los resultados de todas las probetas estándar, reparadas en frío y reparadas en caliente, se realiza una comparativa para el análisis y reconocimiento del material. En la tabla se observa una variedad de aceros con distintas propiedades y distintos valores que caracterizan a cada tipo de acero. Los valores de la resistencia a la tracción y el límite elástico, se lo calcula a partir de un ensayo de tracción. Esta tabla muestra los valores de estas propiedades según la norma SAE.

Para lograr identificar el tipo de acero con el que está fabricado los largueros del Chevrolet Aveo, se realiza una comparativa de los resultados obtenidos después del ensayo de tracción realizado en un laboratorio normado en la Escuela Politécnica Nacional en el Departamento de Ingeniería Mecánica, con las propiedades que se indican en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Propiedades mecánicas de los aceros

Compilation of Typical Mechanical Property Values and Limited Steel Sheet Thickness and Width Availability

Material	SAE Class.	Grade		Yield Strength		Tensile	Elong		r value n		Hard	Width Range		Thickness
		SAE	OLD	MPa/ksi	MPa/ksi	%	R	n	Rb	(mm)	(in)	(mm)		
CR	SAE J2340	180A	Dent Resist	200/29	350/50	40	1.7	0.22	63	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	210A	Dent Resist	210/30	375/54	39	1.6	0.21	65	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	250A	Dent Resist	270/39	400/58	36	1.5	0.20	68	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	280A	Dent Resist	300/43	430/62	36	1.4	0.18	70	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	180B	Bake Hard	200/29	320/46	39	1.7	0.20	52	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	210B	Bake Hard	221/32	352/51	41	1.6	0.20	54	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	250B	Bake Hard	255/37	379/55	39	1.4	0.17	58	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
CR	SAE J2340	280B	Bake Hard	324/47	421/61	37	1.1	0.16	67	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
HR	SAE J2340	300S	HSS	331/48	407/59	35	N/A	0.17	72	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75		
CR	SAE J2340	300S	HSS	303/44	379/55	37	1.0	0.17	63	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79		
HR	SAE J2340	340S	HSS	407/59	483/70	31	N/A	0.17	75	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75		
CR	SAE J2340	340S	HSS	379/55	455/66	30	1.3	0.16	76	610 - 1575	24 - 62	0.64 - 2.79		
HR	SAE J2340	300X	HSLA	350/51	407/59	35	N/A	0.17	72	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75		
CR	SAE J2340	300X	HSLA	350/51	469/68	28	1.1	0.16	70	610 - 1829	24 - 72	0.38 - 3.30		
CR	SAE J2340	300Y	HSLA							610 - 1829	24 - 72	0.38 - 3.30		
HR	SAE J2340	340X	HSLA	407/59	483/70	31	N/A	0.17	75	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75		
CR	SAE J2340	340X	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	340Y	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	380X	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	380Y	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
HR	SAE J2340	420X	HSLA	476/69	531/77	27	N/A	0.15	87	610 - 1542	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	420X	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	420Y	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
HR	SAE J2340	490X	HSLA	531/77	600/87	26	N/A	0.13	90	610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	490X	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	490Y	HSLA							610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
HR	SAE J2340	550X	HSLA	586/85	676/98	22	N/A	0.12	96	610 - 1524	24 - 60	0.76 - 3.18		
CR	SAE J2340	550X	HSLA							610 - 1524	24 - 60	1.27 - 3.18		
HR/CR	SAE J2340	550Y	HSLA							610 - 1524	24 - 60	1.27 - 3.18		

Fuente: Auto Steel Partnership

Los datos de esta tabla se los obtuvo de un documento específico en el que se habla de aceros que son utilizados para la fabricación de componentes automotrices

La SAE J2340 nos indica la clasificación y propiedades de láminas de acero automotriz con resistencia al abollado, alta resistencia y ultra alta resistencia. La clasificación del grado tipo S, se refiere a que aceros tienen una aleación de alta resistencia, el cual se refuerza con carbono y manganeso en combinación con fósforo o silicio como fortalecedores de la aleación para cumplir con la resistencia mínima requerida por estos tipos de materiales. El contenido de carbono no excede el 0,13% para mejorar la confortabilidad y soldabilidad. El fósforo no excederá al 0,10%.

4.10.1 Comparación del Material.

Las probetas sin impactar tienen un límite elástico de 352.93 MPa.

Se observa que el límite elástico del acero SAE J2340 Grado 300S tiene un límite elástico que va de 300 a 400 MPa.

Tabla 4.6 Propiedades mecánicas SAE J2340

SAE J2340 Grade Designation and Type	Yield Strength MPa		Tensile Strength MPa	%Total Elongation Minimum (ASTM.L)	
	Minimum	Maximum	Minimum	Cold Reduced	Hot Rolled
300 S	300	400	390	24	26
300 X	300	400	370	24	28
300 Y	300	400	400	21	25

Fuente: Auto Steel Partnership

Lo que ubicándose en la tabla de las propiedades de los aceros según SAE J2340, está dentro de los promedios del acero SAE J2340 Grado 300S que tiene un límite elástico de 331 MPa., tal y como se observa en la tabla 4.6.

Tabla 4.7 Propiedades mecánicas de los aceros

Compilation of Typical Mechanical Property Values and Limited Steel Sheet Thickness and Width Availability

Material	SAE Class.	Grade		Yield Strength	Tensile	Elon	r value n		Hard	Width Range		Thickness
		SAE	OLD	MPa/ksi	MPa/ksi	%	R	n	Rb	(mm)	(in)	(mm)
CR	SAE J2340	280B	Bake Hard	324/47	421/61	37	1.1	0.16	67	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79
HR	SAE J2340	300S	HSS	331/48	407/59	35	N/A	0.17	72	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75
CR	SAE J2340	300S	HSS	303/44	379/55	37	1.0	0.17	63	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 2.79
HR	SAE J2340	340S	HSS	407/59	483/70	31	N/A	0.17	75	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75
CR	SAE J2340	340S	HSS	379/55	455/66	30	1.3	0.16	76	610 - 1575	24 - 62	0.64 - 2.79
HR	SAE J2340	300X	HSLA	350/51	407/59	35	N/A	0.17	72	610 - 1829	24 - 72	0.64 - 3.75

Fuente: Auto Steel Partnership

4.10.2 Comparativa del material original/reparado y el porcentaje de variación en resultados de las pruebas realizadas.

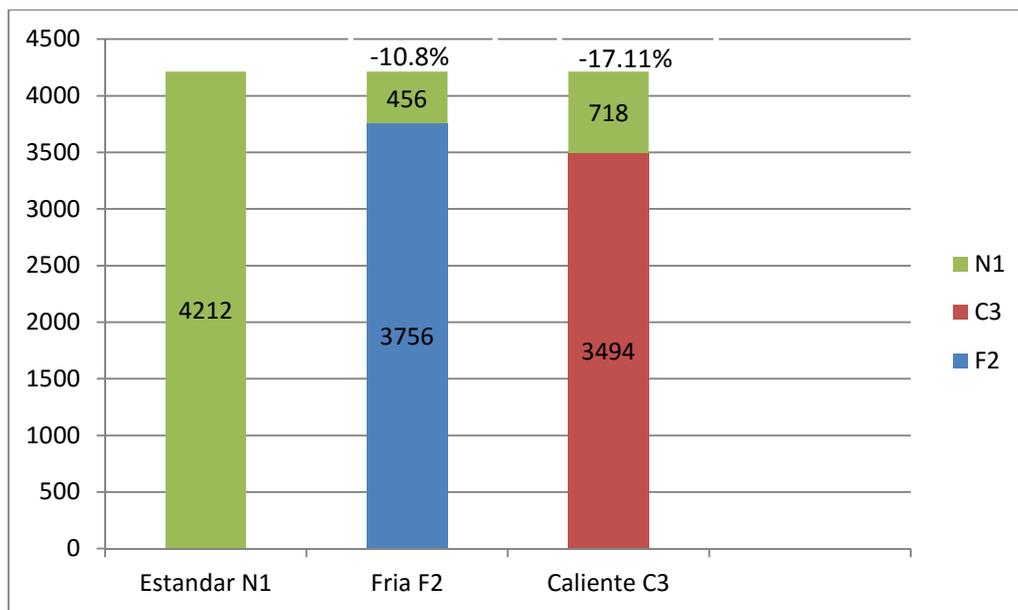


Figura 4.20. Disminución de carga de las probetas reparadas

Fuente: Del Castillo y Herrera.

En la figura 4.20 se observa la variación que existió en la serie de probetas extraídas de una misma sección o superficie del larguero, donde se obtuvo tres muestras en una misma sección, la probeta estándar tomada como referencia hacia la que fue reparada en frío y la que se reparó con calor.

En el informe final de las pruebas realizadas se observa la variación que existe con respecto a la carga máxima registrada entre las tres probetas. La probeta estándar registro una carga máxima de 4212 N, mientras que la probetas reparada en frio y la reparada con calor registran una carga máxima de 3756 N y 3494 N sucesivamente, lo que significa que la probeta reparada en frio redujo su carga máxima registrada en un 10.8% con respecto a la probeta estándar y la probeta reparada en calor se redujo en un 17.11% con respecto a la probeta estándar.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Los ensayos de tracción son de tipo destructivos que se los realizo bajo normativas nacionales con aplicaciones internacionales en este caso se realizo con las normas ASTM A370 y NTE INEN 0109. Cumpliendo con todos los requerimientos y especificaciones con respecto a la realización de las probetas antes de ensayarlas y del equipo que se utilizara para el ensayo, ya que son obligatorias para realizar las pruebas de laboratorio.

Los talleres automotrices someten a altas temperaturas los componentes estructurales del vehículo al momento de realizar el templado para su reparación, para facilitar y ganar maneabilidad al enderezar la pieza, sin tomar en cuenta que al someter a altas temperaturas, ésta pierde propiedades mecánicas volviéndola frágil después de reparada. Esta relación se observa en la figura 2.15 de un material frágil y un material dúctil, que es similar a los resultados obtenidos después del ensayo de tracción en el que la probeta caliente se vuelve más frágil que la estándar y la reparada en frio.

Después del análisis, basándonos en los resultados de estiramiento o de elongación de las probetas, se observa que la probeta caliente es la que menos resiste a la aplicación de la carga.

Se seleccionó el vehículo más vendido en el Ecuador durante los últimos años que es el Chevrolet Aveo y la clase de accidente más común en el mundo y en el país que es el impacto en la sección frontal del vehículo. Concluyendo que en un impacto frontal el primer elemento estructural en recibir, absorber y transmitir el impacto, son los largueros frontales inferiores y superiores. Por lo que fue el estudiado y realizando los respectivos ensayos de tracción. Los estudios se realizaron en un larguero de un Aveo ya impactado y posteriormente reparado de distintas maneras, que fue dividido en secciones según su afectación donde se extrajeron las probetas que se ensayaron realizando un análisis de sus

resultados. Que son comparados en base a la muestra tomada de las partes normales sin impactar y relacionándolas con un acero de aplicación automotriz (SAE J2340 grado 300S) después de realizar el respectivo análisis se determina que existe una variación de características físicas y mecánicas después de su posterior reparación de templado en frío y caliente. Como se observa en la figura 4.18 donde se compararon las probetas N1, F2 y C3, se ve la afectación que tuvieron después de su arreglo. Donde en comparación de la probeta estándar, tomada como referencia, la carga máxima que soporta la probeta fría se reduce un 10.8% y la probeta caliente se reduce al 17.11% con respecto a la carga máxima soportada por la probeta estándar.

En caso de reparación de un elemento estructural de un vehículo, en base a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se determina que el método de reparación de templado en frío de la pieza tiene menos afectación en sus propiedades, en la carga que soporta y en la elasticidad del material.

5.2 Recomendaciones

Es importante al momento de realizar la extracción de las probetas de una estructura, identificar las zonas de las cuales se realizaran las distintas extracciones delimitando las zonas para tener una idea del espacio que es requerido. Al momento de marcar las medidas en la pieza de las dimensiones de la probeta es recomendable sobredimensionarla 0.5mm ya que al ser cortadas existiría una variación de las medidas que afectarían las delimitaciones de la misma.

Al momento de realizar los cortes para realizar la extracción de las probetas es importante que los cortes la pieza o probeta no se las someta a temperaturas elevadas ya que se alteraría su estructura original cambiando sus propiedades físicas o mecánicas alterando los resultados en los ensayos de tracción. En caso que se observe aumentos de

temperatura en la pieza se deberán tomar intervalos de descanso para que la pieza se refrigere y posiblemente cambiar el método de corte.

Al realizar las longitudes calibradas o delimitaciones impuestas por la norma (ASTM A370) es importante que al realizar el limado de secciones, verificar constantemente con un calibrador de vernier o pie de rey que no sobre pase las medidas y que se encuentre dentro de las tolerancias impuestas por la ASTM para que el ensayo sea realizado de la forma correcta y normada en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Verificar que la maquina se encuentre correctamente calibrada y encerada antes de realizar cualquier ensayo en el laboratorio, para que los resultados que se obtengan estén acorde con los de la norma.

Es recomendable realizar un probeta de prueba, es decir realizar en primer lugar una probeta como ensayo para verificar que durante la prueba y cuando sea sometida a la carga no exista ningún fallo debido a un deslizamiento de la probeta en las mordazas de sujeción ya que esto alteraría los resultados finales de la prueba.

documentar el display de la máquina de ensayos de tracción donde se observan distintos datos como son la carga a la que está siendo sometida con su carga máxima, el estiramiento la probeta, y el tiempo real. Ya que sirven como un respaldo de los ensayo y para su posterior análisis ya que de ellos podemos saber la relación carga y deformación.

Para verificar un vehículo que se encuentre reparado de una manera correcta es necesario implementar un sistema que abarque las medidas y las cotas originales de cada vehículo circulante en el país, ya que se establece los puntos y líneas de referencia donde se realizan las mediciones y se comparan con un vehículo para ver si es que se encuentra dentro de las tolerancias permisibles, y verificar que no existan deformaciones

en la estructura vehicular y según sus resultados obtenidos permitir o no la circulación del vehículo dentro de la ciudad o del país.

Realizar un control en talleres encargados de enderezado y reparación estructural en vehículos, verificando que cumplan con métodos de reparación óptimos y que sean realizado bajo personal calificado para que en este tipo de reparaciones se utilice los accesorios adecuados en las reparaciones y que el gobierno otorgue una certificación para un vehículo que después de un siniestro sea puesto en circulación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ordoñez, M. (2012). *Transformaciones de importancia en carrocerías*. España: IC Editorial.
- COSES, R. (1980). *Tratado de la carrocería del automóvil*. Barcelona, España: Ed. Montesco.
- Águeda, L. (2010). *Estructuras del vehículo segunda edición*. Madrid, España: Ed. Paraninfo.
- Bosch, R. (1985). *Reparación de carrocerías*. Barcelona España: Ed. CEAC.
- Bosch, R. (1990). *Manual de la técnica del automóvil*, Barcelona, España :Ed. Reverte.
- Gallegos, R. (2013).Secretaría Programa Latin NCAP. Lima, Peru. Recuperado de <http://www.seguridadvialenlaempresa.com>
- Alberto, P.Asociación Nacional de Consumidores por la Seguridad Vial. Uruguay,(s.f). Recuperado de <http://www.ancosev.org>
- NTE INEN 0109 (2009). *Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente*. Ecuador, Primera revisión
- NTE INEN 034(2014). *Elementos mínimos de seguridad de vehículos automotores*. Ecuador, tercera revisión
- Euroncap. (2009). *Programa Europeo de evaluación de vehículo nuevos*. Varios Gobiernos Europeos. Recuperado de www.euroncap.com
- Latinncap. (2010-2014) Programa de evaluación de vehículos nuevos *para América Latina y el Caribe*. Uruguay. Recuperado de www.latinncap.com
- Arcelormittal.(2006). *Aceros para estampación en caliente*. Luxemburgo, Luxemburgo. Recuperado de <http://automotive.arcelormittal.com>

- Rodríguez Galbarro. Características mecánicas del acero. España, (s/f). Recuperado de <http://ingemecanica.com>
- Martech Car. (2015). *Técnicas de alineación en bancada*. España. Recuperado de http://www.elchapista.com/tecnicas_alineacion_bancada.html
- CesviMap. *Reparación de carrocerías de automóviles*. (s/f). Recuperado de <http://www.mapfre.com>
- Cesvi Colombia S.A.(2010). *Informe golpe de rampa chevroletaveo 1.6 sedan*. Colombia. Recuperado de <http://www.cesvicolombia.com>

ANEXOS

ANEXO I

TEST DE RESULTADOS DE RESULTADOS

DE LA NORMA EURONCAP DEL CHEVROLET AVEO

CHEVROLET AVEO

Chevrolet Aveo 1.2 LT, LHD

2011



ADULT OCCUPANT

Total 34 pts | 95%

FRONTAL IMPACT

15,4 pts



Driver



Passenger

SIDE IMPACT CAR

8 pts

SIDE IMPACT POLE

7,8 pts



Car



Pole

REAR IMPACT (WHIPLASH)

3,1 pts



FRONTAL IMPACT

HEAD

Driver airbag contact	stable
Passenger airbag contact	stable

CHEST

Passenger compartment	stable
Windscreen Pillar rearward	3mm
Steering wheel rearward	none
Steering wheel upward	none
Chest contact with steering wheel	none

UPPER LEGS, KNEES AND PELVIS

Stiff structures in dashboard	none
Concentrated loads on knees	none

LOWER LEGS AND FEET

Footwell Collapse	none
Rearward pedal movement	brake - 45mm
Upward pedal movement	brake - 14mm

SIDE IMPACT

Head protection airbag	Yes
Chest protection airbag	Yes

WHIPLASH

Seat description	Standard cloth, 4 way manual adjust
Head restraint type	Passive
Geometric assessment	1 pts

TESTS

- High severity	2 pts
- Medium severity	2,5 pts
- Low severity	2 pts

CHILD OCCUPANT

Total 43 pts | 87%

18 MONTH OLD CHILD

Restraint Britax Babysafe ISOFIX plus
 Group 0+
 Facing rearward
 Installation ISOFIX anchorages and top tether



PERFORMANCE 11,5 pts
 INSTRUCTIONS 4 pts
 INSTALLATION 2 pts

FRONTAL IMPACT

Head forward movement protected
 Head acceleration good
 Chest load good

SIDE IMPACT

Head containment protected
 Head acceleration good

3 YEAR OLD CHILD

Restraint Britax Roemer Duo ISOFIX
 Group 0+/1
 Facing forward
 Installation ISOFIX anchorages and top tether



PERFORMANCE 12 pts
 INSTRUCTIONS 4 pts
 INSTALLATION 2 pts

FRONTAL IMPACT

Head forward movement protected
 Head acceleration good
 Chest load good

SIDE IMPACT

Head containment protected
 Head acceleration good

VEHICLE BASED ASSESSMENT

7 pts

Airbag warning Label

Text and pictogram warning label permanently attached to the passenger sun visor

PEDESTRIAN

Total 19 pts | 54%

SAFETY ASSIST

Total 7 pts | 93%



GOOD
 MARGINAL
 POOR

HEAD 13,7 pts
 PELVIS 0,2 pts
 LEG 5,3 pts

SPEED LIMITATION ASSISTANCE 0,5 pts

- warning only, standard Pass

ELECTRONIC STABILITY CONTROL (ESC) 3 pts

- ESP Pass

Yaw rate ratio (1.00s) 5,90 %

Yaw rate ratio (1.75s) 2,80 %

Lateral displacement (1.07s) 2,98 m

SEATBELT REMINDER 3 pts

- driver Pass

- passenger Pass

- rear Pass

ANEXO II

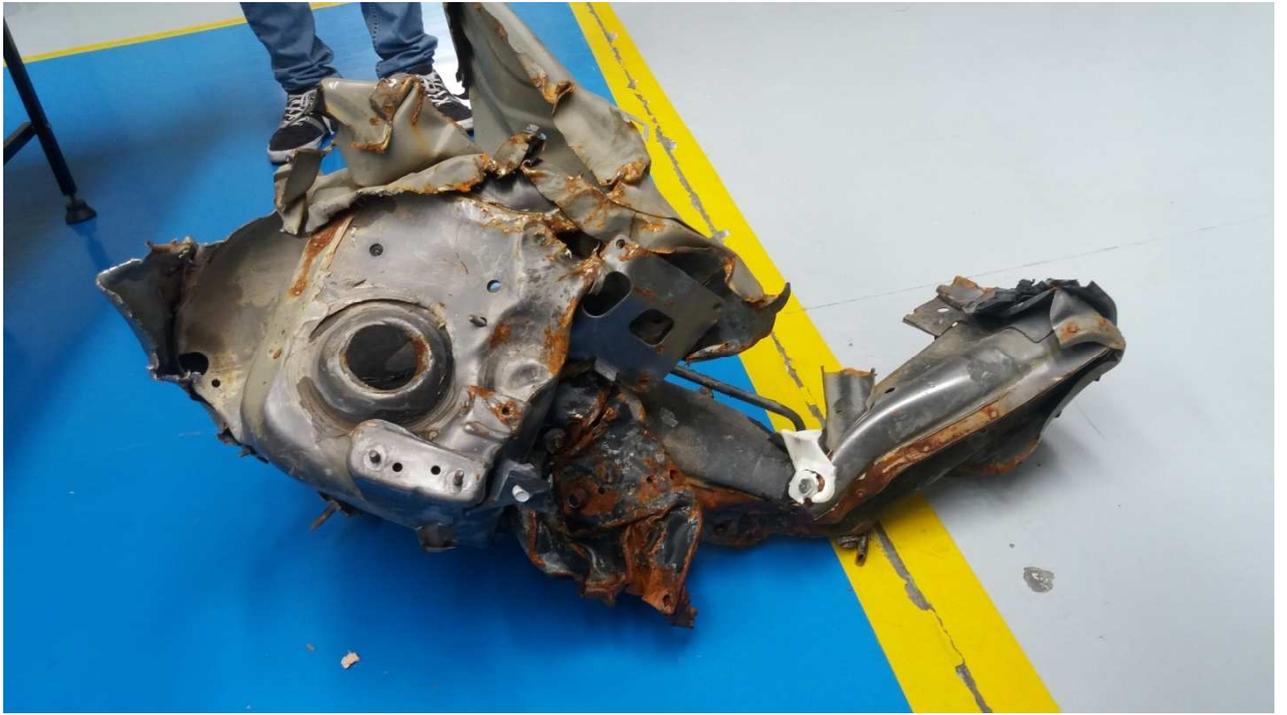
SELECCIÓN DEL VEHICULO IMPACTADO Y EXTRACCION DEL

LARGUERO









ANEXO III

LARGUERO REPARADO



ANEXO IV

SOLICITUD PARA LA UTILIZACION DEL LABORATORIO NORMADO DE

LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL DEL ECUADOR

Quito, 29 de marzo de 2016

Ingeniero
Ricardo Soto
Jefe de Departamento Ingeniería Mecánica
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente, solicito por favor se autorice el uso de laboratorios para la realización del ensayo de tracción (6 probetas), mediante Norma ASTM 1370 ya que los estudiantes están realizando el proyecto de tesis denominado "Estudio de las características mecánicas de los materiales del chasis de los vehículos M1 luego de un impacto mediante Norma INEN 0109" dirigida por el Msc. Gorky Reyes.

Agradecidos por su gentil atención y ayuda, me suscribo.

Atentamente,

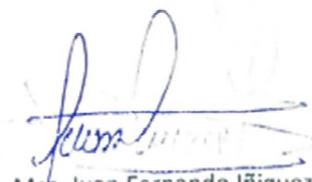
Jorge Luis Herrera Rosero
171649749-8

David Alejandro del Castillo Erazo
172533561-4

Revisado por:


Msc. Gorky Reyes C.
Director de Proyecto
Universidad Internacional del Ecuador




Msc. Juan Fernando Iñiguez I.
Coordinador Académico
Universidad Internacional del Ecuador

ANEXOS V

EXTRACCION DE MUESTRAS











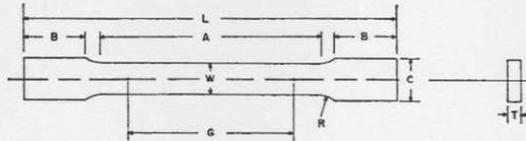


ANEXO VI

MEDIDAS PARA REALIZAR UNA PROBETA PLANA SEGÚN NORMA

ASTM A370

ASTM A370 - 10



DIMENSIONS

	Standard Specimens				Subsize Specimen			
	Plate-Type, 1½-in. (40-mm) Wide							
	8-in. (200-mm) Gauge Length		2-in. (50-mm) Gauge Length		Sheet-Type, ½ in. (12.5-mm) Wide		¼-in. (6-mm) Wide	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—Gauge length (Notes 1 and 2)	8.00 ± 0.01	200 ± 0.25	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.010	1.000 ± 0.003	25.0 ± 0.08
W—Width (Notes 3, 5, and 6)	1½ + ¼ – ¼	40 + 3 – 6	1½ + ¼ – ¼	40 + 3 – 6	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.250 ± 0.002	6.25 ± 0.05
T—Thickness (Note 7)	Thickness of Material							
R—Radius of fillet, min (Note 4)	½	13	½	13	½	13	¼	6
L—Overall length, min (Notes 2 and 8)	18	450	8	200	8	200	4	100
A—Length of reduced section, min (Note 9)	9	225	2¼	60	2¼	60	1¼	32
B—Length of grip section, min (Note 9)	3	75	2	50	2	50	1¼	32
C—Width of grip section, approximate (Notes 4, 10, and 11)	2	50	2	50	¾	20	¾	10

NOTE 1—For the 1½-in. (40-mm) wide specimens, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. For the 8-in. (200-mm) gauge length specimen, a set of nine or more punch marks 1 in. (25 mm) apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. (200 mm) apart may be used. For the 2-in. (50-mm) gauge length specimen, a set of three or more punch marks 1 in. (25 mm) apart, or one or more pairs of punch marks 2 in. (50 mm) apart may be used.

NOTE 2—For the ½-in. (12.5-mm) wide specimen, punch marks for measuring the elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of three or more punch marks 1 in. (25 mm) apart or one or more pairs of punch marks 2 in. (50 mm) apart may be used.

NOTE 3—For the four sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.004, 0.002, or 0.001 in. (0.10, 0.10, 0.05, or 0.025 mm), respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at either end shall not be more than 0.015 in., 0.015 in., 0.005 in., or 0.003 in. (0.40, 0.40, 0.10 or 0.08 mm), respectively, larger than the width at the center.

NOTE 4—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other with a tolerance of 0.05 in. (1.25 mm), and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in. (2.5 mm).

NOTE 5—For each of the four sizes of specimens, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

NOTE 6—The specimen may be modified by making the sides parallel throughout the length of the specimen, the width and tolerances being the same as those specified above. When necessary, a narrower specimen may be used, in which case the width should be as great as the width of the material being tested permits. If the width is 1½ in. (38 mm) or less, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

NOTE 7—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable product specification. Minimum nominal thickness of 1 to 1½-in. (40-mm) wide specimens shall be ⅜ in. (5 mm), except as permitted by the product specification. Maximum nominal thickness of ½-in. (12.5-mm) and ¼-in. (6-mm) wide specimens shall be 1 in. (25 mm) and ¼ in. (6 mm), respectively.

NOTE 8—To aid in obtaining axial loading during testing of ¼-in. (6-mm) wide specimens, the overall length should be as large as the material will permit.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of ½-in. (13-mm) wide specimens is over ¾ in. (10 mm), longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For standard sheet-type specimens and subsize specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.01 and 0.005 in. (0.25 and 0.13 mm), respectively, except that for steel if the ends of the ½-in. (12.5-mm) wide specimen are symmetrical within 0.05 in. (1.0 mm), a specimen may be considered satisfactory for all but referee testing.

NOTE 11—For standard plate-type specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.25 in. (6.35 mm), except for referee testing in which case the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.10 in. (2.5 mm).

FIG. 3 Rectangular Tension Test Specimens

ANEXOS VII

ELABORACION DE LAS PROBETAS

















ANEXO VIII

**CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA PARA REALIZACION DE LOS
ENSAYOS DE TRACCION**

Características de la máquina.

La máquina en la que se realizan los ensayos serán de alta precisión cumpliendo con las siguientes características.

- Tendrá mecanismos de sujeción que ayudara a que la probeta sea sometida al esfuerzo axial sin soltarse durante el ensayo hasta que se rompa. La probeta es sujeta por mordazas de presión.
- Las cargas que se aplican durante el ensayo serán constantes y progresivas, evitando paros inesperados, choques o vibraciones.

Tendrá dispositivos que comanden, regulen la velocidad y la carga que es aplicada durante el ensayo, la velocidad y la carga será acorde a las dimensiones antes mencionadas e ingresadas en la maquina sobre la probeta

ANEXO IX

EJECUCION DE ENSAYOS EN LABORATORIO NORMADO







ANEXO XI

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCION



INFORME TÉCNICO

LAEV – MAR.16.29

Quito, 12 de abril de 2016

TRABAJO SOLICITADO POR: UIDE
Ing. Gorky Reyes C.

ORDEN DE TRABAJO Nº 0004386 (M)

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de acero pertenecientes a los señores JORGE LUIS HERRERA ROSERO y DAVID ALEJANDRO DEL CASTILLO ERAZO para el proyecto de titulación: "ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS MATERIALES DEL CHASIS DE LOS VEHICULOS M1 LUEGO DE UN IMPACTO MEDIANTE NORMA INEN 0109". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Nueve (9) probetas de acero para ensayo de tracción.
2. **ENSAYO DE TRACCIÓN**

En la tabla 1 se presentan los resultados del ensayo de tracción realizado a las probetas

Tabla 1. Resistencia a la tracción, límite de fluencia y elongación de las probetas.

Id	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 25 mm
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	ksi	MPa	
C1	6,37	1,53	975	4.337	53,75	370,61	64,54	445,01	37,16
C2	6,07	1,58	985	4.381	52,99	365,34	66,25	456,78	23,16
C3	6,18	1,50	785	3.494	41,68	287,36	54,67	376,92	32,04
C4	6,22	1,36	858	3.815	54,01	372,42	65,41	451,00	31,72
F1	6,20	1,40	1.019	4.535	65,39	450,82	75,77	522,41	17,60
F2	6,27	1,32	844	3.756	53,01	365,47	65,82	453,82	39,44
F3	6,18	1,55	964	4.286	59,98	413,56	64,90	447,48	17,72
N1	6,16	1,65	947	4.212	52,14	359,48	60,10	414,38	36,08
N2	6,29	1,41	817	3.636	50,24	346,38	59,47	410,01	41,12

Ing. Salvador Reina M. S.
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

