



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Pruebas mecánicas a equipo
de seguridad e industria
hulera**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Luis Fernando Morales López

ASESOR DE INFORME

Ing. Rodolfo Peters Lammel



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

ÍNDICE

CAPITULO	PÁGINA
1 Introducción y objetivo	3
2 Descripción de la empresa	3
3 Descripción del puesto de trabajo	3
4 Antecedentes	3
5 Participación profesional	4
6 Metodología utilizada	4
6.1 Laboratorio de industria hulera	4
6.1.1 Pruebas mecánicas a llantas	4
6.1.2 Dimensiones	5
6.1.3 Indicadores de desgaste	6
6.1.4 Resistencia al desmontaje de la ceja	6
6.1.5 Resistencia de la llanta a la penetración	8
6.1.6 Comportamiento de la llanta a la carga	9
6.1.7 Comportamiento de la llanta a la baja presión de inflado	10
6.1.8 Comportamiento de la llanta a la velocidad	10
6.2 Laboratorio de equipo de seguridad	11
6.2.1 Pruebas mecánicas a cascos	11
6.2.2 Resistencia al impacto	12
6.2.3 Tensión eléctrica soportable	13
6.2.4 Perforación por efecto de tensión eléctrica	13
6.2.5 Resistencia a la combustión	13
6.2.6 Resistencia a la penetración	14
6.3 Pruebas mecánicas a calzado de seguridad	14
6.3.1 Resistencia al desgarre	15
6.3.2 Absorción y desabsorción de agua	16
6.3.3 Resistencia de la puntera al impacto	16
6.3.4 Resistencia de la puntera de protección a la compresión	17

6.3.5 Rigidez dieléctrica	17
6.3.6 Resistencia al impacto metatarsal	18
6.3.7 Resistencia a la penetración	18
7 Resultados	18
8 Conclusiones	19
9 Bibliografía	19
10 Anexo	20

Introducción y objetivo

En el reporte de actividades se presentarán las actividades profesionales realizadas durante el tiempo que labore en NYCE laboratorios, de esta forma demostrar que desarrollé mis conocimientos adquiridos en mi formación como ingeniero y que pude emplearlos dentro de las actividades realizadas en la empresa al desempeñar mi función de analista de pruebas en el laboratorio de metal-mecánica, dentro del cual realicé pruebas mecánicas referentes a los laboratorios de industria hulera y equipo de seguridad industrial.

Descripción de la empresa

La empresa NYCE laboratorios (Normalización y Certificación Electrónica) es una de las empresas encargadas de dar servicio de pruebas de materiales y productos en el entorno de la evaluación de la conformidad, a través de la realización de pruebas que cumplan con las normas nacionales e internacionales, a través del sistema de gestión de la calidad NMX-EC-17025-IMNC-2006, con el objetivo de crear informes de resultados que cubran las necesidades de los usuarios.

La misión de la empresa es “Realizar ensayos de productos y materiales para evaluar su conformidad con estándares y normas, que permitan a nuestros usuarios su acceso al mercado y su comercialización, garantizando la seguridad del consumidor, su salud y el cuidado del medio ambiente.”

Descripción del puesto de trabajo

El puesto que desempeñé es el de “analista de pruebas mecánicas en el laboratorio de metal-mecánica” mi responsabilidad consistía en realizar las pruebas con base en los requerimientos de las normas aplicables al objeto de pruebas, así como analizar e interpretar los resultados obtenidos.

Al ejercer mis labores que cumplí con las siguientes actividades dentro de la empresa:

- Realicé el análisis estadístico e interpretación de resultados de los ensayos.
- Fui evaluado en auditorías internas y de organismos de certificación.
- Realicé las verificaciones de algunos de los equipos e instrumentos de prueba.
- Expliqué a los clientes las pruebas en las que estuvieron presentes.
- Participo en actividades correspondientes a las confirmaciones de métodos de prueba.
- Participé en la ejecución del sistema de gestión de la calidad del laboratorio.
- Registré los resultados de ensayos realizados en formatos y bitácoras.
- Participé en la mejora continua del laboratorio.

Antecedentes

En México es responsabilidad del gobierno federal el procurar las medidas necesarias para que los productos que se comercializan en el territorio nacional cumplan los

requisitos necesarios para garantizar los aspectos de seguridad e información comercial, y de esta forma garantizar una protección al consumidor.

En el caso de tratarse de productos que participarán en licitaciones, la “Ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público” en el artículo 58, establece que organismos acreditados en los términos establecidos por la ley federal sobre metrología y normalización, podrán verificar la calidad de los bienes, a fin de evaluar los aspectos técnicos que cumplan con los criterios de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) correspondientes.

En el caso de las llantas se estableció el 26 de mayo del 2006 en el Diario Oficial de la Federación que todas las llantas de automóvil, camioneta y camión que se comercializan en el mercado mexicano tanto para el producto nacional como el importado, deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-086-SCFI correspondiente, la cual establece las especificaciones de seguridad y métodos de prueba que deben obedecer.

Participación profesional

Las pruebas de laboratorio para cada elemento de prueba tienen que realizarse con estricto apego a los métodos de la norma correspondiente. Es importante tener personal capacitado debido a que las pruebas de laboratorio influyen directamente en la forma en que se comercializa un producto. En el ámbito de la ingeniería el personal tiene que tener conocimientos de estadística, conocer el manejo de equipo y maquinas de laboratorio, otra de las responsabilidades consiste en estudiar las leyes correspondientes a las normas y el alcance que tienen dentro del entorno laboral.

Metodología utilizada

A continuación describiré los métodos que pude emplear en el desarrollo de mis funciones.

LABORATORIO DE INDUSTRIA HULERA

Pruebas mecánicas a llantas

Las pruebas en el laboratorio de llantas consisten en pruebas físicas dinámicas y estáticas, en las pruebas estáticas se evalúan los indicadores de desgaste, las dimensiones de la llanta, la resistencia de la ceja al desmontaje del rin y la resistencia a la penetración. Las pruebas dinámicas evalúan el funcionamiento de las llantas bajo condiciones de velocidad y carga. Una de las labores importantes de las que me encargué fue la de mantener controladas las condiciones ambientales tanto en las pruebas dinámicas como en las estáticas, ya que todas las pruebas se tienen que hacer en condiciones ambientales controladas. Las normas para el laboratorio de llantas son NOM-086-SCFI-2010 y 2011, la norma correspondiente al 2010 es empleada para vehículos con peso bruto igual o menor a 4 536 kg, mientras que la norma 2011 se emplea para vehículos con un peso bruto superior a 4 536 kg.

Para ilustrar mis actividades dentro del laboratorio de llantas pondré como ejemplo el caso de una llanta de camión ligero que sometí a las pruebas correspondientes a la NOM-086-SCFI-2011. A continuación se presentan los datos relevantes de la llanta:

Medida de la llanta: P305/40R22

Capacidad de carga: Reforzada

Carga máxima: 1 180 kg

Índice de carga: 118

Medida de rin: 22 x 11 [in]

Símbolo de velocidad: T

Temperatura: B

Durante la explicación de los métodos diré que significa cada uno de los datos y la forma en que los utilicé.

Dimensiones

En Las pruebas dimensionales me encargué de medir la banda de rodamiento. Con ella se obtiene la circunferencia de la llanta. Con la medida de la banda de rodamiento tenía que dividir la llanta en seis secciones y en cinco secciones, el resultado final se compara con el factor mínimo de medida específico de la llanta. Las seis divisiones las utilizo para medir la anchura, para obtenerla necesité de un compás de exteriores y un calibrador, al finalizar obtengo el promedio y se compara con el valor correspondiente a cada llanta, este valor se obtiene de una tabla de especificaciones para cada serie de llantas, dichas especificaciones dependen de la medida de la llanta.

La llanta que trabajé y pongo de ejemplo no está enlistada en la norma NOM-086-SCFI-2011, por lo tanto fue necesario buscarla en manuales que están desarrollados para diseñadores de llantas. En estos manuales se pueden encontrar todas las especificaciones técnicas que debe tener una llanta dependiendo de su medida, sin embargo solo pondré los datos que son necesarios para las pruebas mecánicas.

TIRE SIZE DESIG- NATION	MEAS. RIM WIDTH	DESIGN TIRE			*MIN. SIZE FACTOR	APPROVED RIM CONTOURS
		SECTION WIDTH	OVERALL DIAMETER			
			HWY/ TRAC.	DEEP TRAC.		
40 SERIES						
P305/40R22	11.00	313 12.32	803 31.61	-- --	1099 43.27	10J, 10 1/2J, 11J, 11 1/2J, 12J

En la primera columna de la tabla se presenta la medida de la llanta, la segunda columna es el rin nominal de la llanta, la tercera columna es correspondiente a la anchura de

sección, el número superior esta expresado en milímetros y el inferior en pulgadas, la tercera columna corresponde al diámetro de la llanta, la cuarta nos indica el valor de el factor mínimo de medida, por ultimo tenemos los valores permisibles en el ancho del rin para esta llanta.

La norma nos indica que la anchura de sección no debe de ser mayor a un 7% ni ser menor del 4% de lo especificado por lo tanto los valores permitidos para que la prueba resulte de conformidad es como mínimo 300,48 mm y máximo 334,91 mm, en esta prueba obtuve como resultado de las seis lecturas un promedio de 328,15 mm, por lo tanto la prueba resultó conforme.

Para obtener el factor mínimo de medida de la llanta se necesita medir la circunferencia de la llanta, en esta prueba obtuve un resultado de 2 580 mm, con este dato se puede calcular el diámetro de la llanta, al cual se le suma el resultado que obtuvimos de la anchura de sección, esto me dio como resultado un factor de medida de 1 149,39 mm, el cual es superior al factor mínimo de medida indicado en la norma cuyo valor es de 1 099 mm, por lo tanto la llanta también resulta conforme y aprueba las pruebas dimensionales.

Indicadores de desgaste

Los indicadores de desgaste nos indican la vida útil de la llanta. Durante su funcionamiento la banda de rodamiento se desgasta y los indicadores de desgaste nos indican el punto en que una llanta tiene que ser reemplazada, ya que de seguir utilizándose aumentan sus probabilidades de que se ponche o se desprenda la banda de rodamiento. Para medir los indicadores de desgaste utilice un medidor de profundidad, al finalizar se reporta el promedio de las lecturas.

Resistencia al desmontaje de la ceja

Esta prueba simula el efecto de la presión en la llanta que puede producirse al aplastar una roca o tener una presión lateral en el roce de una banqueta u objeto. El objetivo es que la llanta soporte una fuerza que se determina mediante tablas tomando en cuenta la anchura de sección, esta prueba la realicé en una máquina de pruebas adaptada con un módulo de control especial y un brazo mecánico diseñado con especificaciones de la norma correspondiente. El brazo se encarga de aplicar la fuerza sobre la llanta y para ello es necesario el acomodar la llanta a una distancia "A" donde un bloque metálico aplica la fuerza a una distancia especifica "A" que se determina a partir de la medida del rin y con el brazo de palanca paralelo al ensamble llanta rin, la velocidad programada para estas pruebas es de 5 cm / min.

Es importante mencionar que esta prueba no es aplicable a llantas de camioneta debido a que en su diseño está contemplado prevenir este tipo de fallas, también se omiten las llantas con cámara pues el contenedor evita que la llanta tenga fuga de las cejas.

Retomando la llanta que trabajé se tiene que consultar la medida para saber cuál será la fuerza necesaria para realizar la prueba de desmontaje de ceja, la medida es P305/40R22, la energía de ruptura se determina por la anchura de sección, la cual está indicadas en el

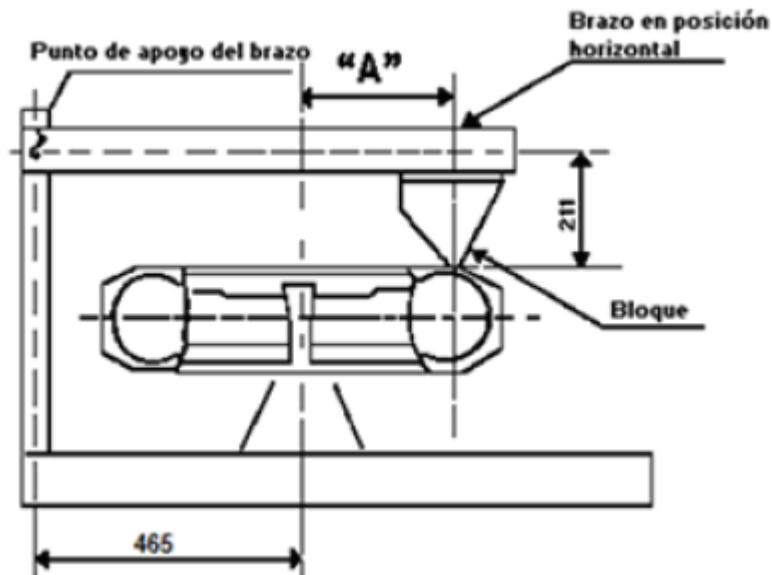
primer dígito de la medida, la norma NOM-086-SCFI-2011 nos indica las siguientes fuerzas.

5.6.1 Un valor de 6,7 kN para aquellas llantas con una anchura de sección menor de 160 mm.

5.6.2 Un valor de 8,9 kN para aquellas llantas con una anchura de sección de 160 mm a 205 mm como máximo.

5.6.3 Un valor de 11,1 kN para aquellas llantas con una anchura de sección mínima de 205 mm.

Podemos ver la que fuerza necesaria es como mínimo 11.1 kN, la presión de inflado es de 220 kPa, a partir de la medida del ancho del rin pude determinar la distancia "A" sobre la que apliqué la fuerza, este ancho de rin es de 22 in que equivale a 558,8 mm, a continuación se muestra un diagrama de cómo es que se localiza la distancia "A".



También podemos observar en la tabla de la norma NOM-086-SCFI-2011 el valor de "A" el cual es de 368 mm.

Medida de rin		Valores de "A"	
609,6	mm	380	mm
558,4	mm	368	mm

Es importante el tener en cuenta que el equipo de prueba tiene un rango de incertidumbre de operación, por lo tanto tuve que programar el equipo con una fuerza superior a la indicada, de esta forma se garantiza que la prueba fue satisfactoria, la prueba de resistencia al desmontaje de la ceja se aplica en cuatro puntos equidistantes, si la llanta pierde presión antes de llegar a la fuerza mínima entonces la prueba no resultaría conforme. En esta prueba obtuve un promedio de fuerza de 11,60 kN con una incertidumbre de +/- 0,1437 kN, la llanta no presentó fuga o caída de presión por lo tanto

la prueba de desmontaje a la ceja es satisfactoria, en el informe de resultados se reporta la fuerza aplicada y la incertidumbre del equipo.

Resistencia de la llanta a la penetración.

El objetivo de esta prueba es el simular el efecto de pisar objetos como una varilla o tubos de diámetros menores a una pulgada. En el caso de llantas de automóvil se usa un vástago de 19 mm de diámetro para realizar la prueba de penetración. El equipo a utilizar consiste en el panel de control que se utiliza en la prueba de desmontaje de la ceja y una base diseñada para montar la llanta sobre la máquina de pruebas universales. Cuando programé la máquina fue necesario el verificar a qué norma corresponde la llanta de prueba, pues las normas NOM-086-SCFI-2010 y 2011 se distinguen al considerar la capacidad de carga máxima de la llanta, es importante diferenciarlas porque la norma contempla diferentes presiones de inflado y la energía de ruptura se determina por tablas presentadas en la norma a aplicar. En el caso de la norma NOM-086-SCFI-2011 se toma en cuenta la capacidad de carga, el índice de carga, el tamaño del rin y si presenta cámara o no, al considerar estos datos es como pude elegir la energía de ruptura y el diámetro del vástago para realizar la prueba, en la tabla proporcionada por la norma se encuentran llantas a las que no se les realiza este tipo de prueba, esto es por razones de seguridad, pues en unos casos las llantas están muy reforzadas por las cuerdas y esto impide que el vástago penetre de forma segura. También es importante identificar el material de las cuerdas, pues en el caso de llantas de camión ligero se emplea una tabla que es compatible con llantas temporales, en el caso de una llanta de camión tuve que emplear el 60% de la energía indicada en la tabla.

En el caso de llantas temporales no cuentan con las cuerdas suficientes para garantizar que soporte la energía necesaria, este último es un caso muy particular, pues se trata de llantas de uso que están diseñadas para emplearse por breves periodos de tiempo por lo tanto no se contempla que puedan estar sometidas a una exigencia similar a las llantas de uso normal, para realizar la prueba de algunas de ellas se tiene que considerar la carga máxima de la llanta.

La siguiente tabla nos indica que fuerza es la que se tiene que programar para la llanta, recordando que la medida de la llanta fue P305/40R22 podemos ver que la "R" nos indica el tipo de construcción de la llanta la cual es radial, la anchura de sección es 305 mm y la capacidad de carga es reforzada, por lo tanto la energía de ruptura mínima que programe fue de 588 J, en este tipo de pruebas también fue muy importante el recordar incluir la incertidumbre del equipo de pruebas, por lo tanto se tiene que programar una energía superior a la especificada.

Tipo de construcción	Anchura de sección	Material de cuerdas	Capacidad de carga				
			B	C	D	Normal	Extra/Reforzada
Llantas diagonales y diagonales cinturadas	Menor de 155 mm	Rayón	113	212	283	113	283
		Poliéster o nylon	220	331	441	220	441
	Igual o mayor de 155 mm	Rayón	186	291	373	186	373
		Poliéster o nylon	294	441	588	294	588
Llantas radiales	Menor de 155 mm	Todos	220	331	441	220	441
	Igual o mayor de 155 mm	Todos	294	441	588	294	588

La prueba de resistencia a la penetración se realiza en cinco puntos equidistantes en los cuales se emplea el vástago de 19 mm, el equipo de prueba lo programé con un límite de 594,00 J, sin embargo los datos que se consideran en esta prueba son la fuerza final y el desplazamiento del vástago, con estos datos se calcula la energía soportada y se reporta en el informe final. En esta prueba se obtuvo un promedio de 10,65 kN y 111,63 mm, la energía soportada se calcula con la formula:

$$E = \frac{F \times P}{2}$$

Donde:

E es la energía de ruptura [N m = J]

F es la fuerza aplicada [N]

P es la penetración del vástago [m]

El resultado que obtuve de la prueba fue de 594,43 J, con una incertidumbre de +/- 6,3498, se puede observar que el resultado considerando la incertidumbre es superior a el mínimo especificado, por lo tanto la prueba resulto satisfactoria. Es importante aclarar que la energía está dividida entre dos porque en la prueba se colocó la llanta sin tener contacto en el suelo, por lo tanto la fuerza se aplicó solo de un lado.

Comportamiento de la llanta a la carga

Esta prueba simula la exigencia de una llanta durante su uso normal considerando la carga máxima bajo la cual se diseño la llanta, la prueba consiste en tres pasos en los cuales la llanta es sometida a diferentes cargas mientras se mantiene una velocidad constante, las carga, tiempos, velocidad y presión de inflado dependen de la norma a emplear y el tipo de llanta a la que tuve que aplicar la prueba, pues dentro de NOM-086-SCFI-2010 los factores a considerar son si la llanta es de capacidad de carga normal o reforzada. Los factores que consideré para preparar la prueba con forme a la NOM-086-SCFI-2011 son la capacidad de carga, el tipo de fabricación de la llanta, el símbolo de velocidad. Las llantas temporales siempre son sometidas esta norma, y los tiempos y porcentajes de carga los obtuve de la norma al considerar los datos tomados de la llanta.

La llanta que trabajé y pongo de ejemplo tiene la medida P305/40R22, capacidad de carga reforzada y carga máxima de 1 180 kg, se emplea la norma NOM-086-SCFI-2011 en la sección de llantas de automóvil, ya que en la medida de la llanta la “P” indica servicio de pasajeros o automóvil. La velocidad de la prueba es de 80 km/h, y en la siguiente tabla se muestran los porcentajes de carga y su correspondiente tiempo de prueba.

Periodo	Tiempo (h)	% Carga máxima
1	4	85
2	6	90
3	24	100

Los datos que se tomaron de esta prueba son las cargas calculadas y las programadas en el equipo de prueba, ya que en el equipo de prueba se programan cargas donde está considerada la incertidumbre de la máquina.

Paso	Tiempo (h)	Carga de prueba	Carga programada
1	4	1003 kg = 9,84 kN	1008 kg = 9,89 kN
2	6	1062 kg = 10,41 kN	1070 kg = 10,49 kN
3	24	1180 kg = 11,57 kN	1194 kg = 11,71 kN

Los pasos siempre se realizaron de manera continua, la presión inicial es 220 kPa y al finalizar la prueba tenía que desmontar el equipo y montar las llantas de la siguiente prueba, al finalizar la prueba se registra la presión final, la cual fue de 260 kPa, se desmonta la llanta y se realiza una inspección visual donde se busca evidencia de separación de banda de rodamiento, tachones, costados, capas, ceja agrietamiento, cuerdas expuestas o aberturas en la capa hermética en el caso de llantas sin cámara. En esta prueba la llanta finalizó en buen estado, por lo tanto la prueba fue satisfactoria.

Comportamiento de la llanta a la baja presión de inflado

La prueba de comportamiento de la llanta a la baja presión es una prueba que solo está contemplada en la norma NOM-086-SCFI-2010, esto es porque las llantas de automóvil están diseñadas para soportar este tipo de uso por un breve periodo, por otro lado las llantas de camión y vehículos de pasajeros debido a su capacidad de carga y a las exigencias a las que son sometidas no deberían de circular nunca con presión baja en sus llantas. La prueba siempre la realicé con las mismas llantas que terminaron prueba de carga, las llantas se dejan reposar por dos horas antes de bajarles la presión y se programan a 120 km/h, por un periodo de una hora y media manteniendo la carga con la que terminaron la prueba de resistencia a la carga. Al finalizar registraba la presión final y se inspeccionaba la llanta en busca de evidencias de falla.

Comportamiento de la llanta a la velocidad

En esta prueba la llanta es sometida a diferentes velocidades mientras se mantiene una carga constante, todas las llantas que son evaluadas mediante la norma NOM-086-SCFI-2010 tienen que cumplir con esta prueba, en el caso de la norma NOM-086-SCFI-2011 solo algunas llantas cumplen con los requisitos para que se les pueda realizar la prueba. La norma NOM-086-SCFI-2010 contempla solo cuatro pasos para esta prueba, mientras que la norma NOM-086-SCFI-2011 puede tener de cinco a diez pasos, esto depende del tipo de llanta que es sometida a prueba.

Los datos que necesité en esta prueba son la medida "P305/40R22", la capacidad de carga "reforzada", la carga máxima que es de 1 180 kg, el símbolo de velocidad "T" y la temperatura "B". Con estos datos pude determinar los pasos necesarios para la prueba con ayuda de la tabla proporcionada por la norma. La presión de prueba para una llanta de capacidad de carga extra es de 260 kPa, el símbolo de velocidad "T" con la temperatura "B" nos indican mediante la tabla que la llanta tiene que correr 6 pasos de 30 minutos a las velocidades de 120, 128, 136, 144, 152, 160 km/h la carga que se mantuvo constante es del 88% de la carga máxima indicada en la llanta, la carga de prueba es de 1 038 kg = 10,18 kN la carga programada en el equipo de pruebas fue de 1 042 kg = 10,22 kN.

Paso	Tiempo		Velocidad mínima	
	min	r/min*	km/h	
1	30	375	120	
2	30	400	128	
3	30	425	136	
4	30	450	144	
Límite para llantas sin símbolo de velocidad y/o temperatura "C".				
5	30	475	152	
6	30	500	160	
Límite para llantas con símbolo de velocidad "S" o "T" y/o temperatura "B".				
7	30	525	168	
8	30	550	176	
9	30	575	185	
Límite para llantas con símbolo de velocidad "H" y mayores y/o temperatura "A".				

Al término de cada prueba de comportamiento a la velocidad se realiza una inspección visual en busca de las posibles fallas mencionadas, la lectura de la presión final la realizaba en un tiempo de 15 a 25 minutos, la presión final no debe ser menor al 95% de la presión inicial, en este caso la presión final fue de 290 kPa por lo tanto la prueba fue satisfactoria.

LABORATORIO DE EQUIPO DE SEGURIDAD

Pruebas mecánicas a cascotes

Los cascos que son objeto de estudio en estas pruebas son aquellos que usan los trabajadores que laboran en áreas donde están expuestos a impactos, fuego y descargas eléctricas. Los cascos de protección se clasifican de acuerdo a su nivel de desempeño, las pruebas mecánicas que se les aplica depende de esta clasificación.

Clase E: Los cascos de clase E son llamados dieléctricos, estos cascos son diseñados para reducir la fuerza de impactos en caída y el peligro de contacto con conductores energizados a alta tensión eléctrica, en esta clase de cascos realicé pruebas de impacto, penetración, combustión, tensión eléctrica soportable 20 000 V c.a. 60 Hz y prueba de perforación por efecto de tensión eléctrica a 30 000 V c.a. 60 Hz.

Clase G: los cascos clase G son llamados de uso general, estos cascos están diseñados para reducir la fuerza de impacto de objetos en caída y también reducen el peligro de contacto con conductores energizados a baja tensión eléctrica, en esta clase de cascos realicé pruebas de impacto, penetración, combustión y tensión eléctrica soportable eléctrica a 2 200 V c.a. 60 Hz.

Clase C: Los cascos de clase C son cascos conductores, este tipo de cascos no provee protección contra el contacto con conductores eléctricos, las pruebas que realicé en esta clase de cascos son impacto, penetración y combustión.

El procedimiento que realicé en las pruebas siempre fue similar en cada clase de casco, a diferencia de que las pruebas eléctricas tienen diferentes especificaciones que corresponden a la clase de cada casco. A continuación describiré la metodología que seguía al realizar las pruebas a los cascos de protección conforme a la norma NOM-115-STPS-2009, en estas prueba siempre se necesitaron como mínimo un total de 13 cascos de los cuales 7 se acondicionan a una temperatura de 50 °C (+/- 2 °C) y 6 se acondicionan a una temperatura de - 18 °C (+/- 2 °C).

Resistencia al impacto

Para realizar esta prueba necesité de una esfera de acero cuyas especificaciones son que debe tener 95 mm de diámetro y una masa de 3.6 kg, esta masa se dejó caer a una altura de 1,52 m y la especificación de la norma dice que la fuerza transmitida debe ser menor o igual a 4 450 N (454 kgf) en valor individual y a 3 780 N (386 kgf) en valor promedio de los cascos. Se necesitaron de ocho cascos para realizar la prueba, cuatro acondicionados a 50 °C (+/- 2 °C) y los otros cuatro acondicionados a - 18 °C (+/- 2 °C), esta prueba presentó las mismas características para cada clase de casco al que le realicé las pruebas mecánicas.

Para realizar la prueba se necesitó de una horma en la que se fijaba el casco, esta horma contaba con un equipo Brinell ubicado en la base de la horma, el cual está formado principalmente por un balín penetrador de 12,7 mm y una placa metálica de impresión con una dureza Brinell de 18 a 30, para determinar la dureza específica de la placa que llegué a emplear en cada prueba, se necesitó emplear un balín de 10 mm y una carga de 4 903 N (500 kgf).

La masa se dejó caer de una altura de 1,52 m medidos desde el ápice del casco y al momento de dar el primer impacto siempre la tenía que atrapar para evitar que de un

segundo golpe sobre el casco, al finalizar la prueba la placa metálica era marcada por el balín y a partir de la huella se podía calcular la fuerza transmitida mediante la siguiente fórmula:

$$F = H \cdot \left(\frac{\pi D}{2} \right) \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

Donde:

F es la fuerza transmitida en N (kgf).

H es el número de dureza Brinell de la placa de impresión.

D es el diámetro del balín impresor en mm.

d es el diámetro de la impresión en mm.

Después del impacto se inspeccionó el casco en busca de fisuras o daños permanentes, al finalizar una prueba de impacto inmediatamente se deben de realizar las pruebas restantes con ese mismo casco.

Tensión eléctrica soportable

Para realizar esta prueba necesité de un tanque de material aislante en el que se sumergían en agua los cascos en posición invertida y una fuente de tensión alterna. Para la preparación de la muestra debía usar el casco inmediatamente después de terminar la prueba de resistencia al impacto, este casco fue sumergido de forma invertida en el tanque de agua hasta llegar a una distancia de 12 mm debajo de la unión del ala o visera del casco, también llenaba el interior del casco hasta que el nivel interno y el externo coincidían, colocaba un electrodo de cobre sumergido en el tanque y por debajo del ápice del casco, en el interior del casco colocaba un segundo electrodo, este electrodo tenía que coincidir con el eje vertical del electrodo que se encontraba en el recipiente.

Al terminar de preparar la muestra encendía la fuente de tensión eléctrica aumentando aproximadamente 1 000 V por segundo hasta llegar al voltaje requerido para cada clase de casco. Los cascos de clase G requerían una tensión eléctrica de 2 200 V, esta tensión eléctrica se mantenía durante un minuto, la corriente de fuga máxima era de 3.0 mA. Los cascos de clase E requerían una tensión eléctrica de 20 000 V, la cual tenía que mantener durante tres minutos, la corriente de fuga máxima era de 9.0 mA.

Perforación por efecto de tensión eléctrica

Esta prueba la realicé únicamente a cascos de clase E al finalizar la prueba de tensión eléctrica soportable, con el casco dentro del tanque se aumentó la tensión eléctrica a una velocidad aproximada de 1 000 V hasta que se alcanzó una tensión de 30 000 V, esta tensión la mantenía por un tiempo de dos a cuatro segundos, después la bajaba gradualmente hasta apagar el equipo. En esta prueba no tenía que existir evidencia de arco eléctrico para que resulte satisfactoria.

Resistencia a la combustión

Esta prueba la realizaba con los cuatro cascos que fueron acondicionados a 50 °C (+/- 2 °C) y a los que les realicé la prueba de resistencia al impacto, inmediatamente después de terminar la prueba de tensión eléctrica soportable en el caso de los cascos de clase G o la prueba de perforación por efecto de tensión eléctrica en el caso de los cascos de clase E, se tenían que secar los cascos y ajustar un mechero Bunsen para que tenga una flama azul de 50 mm y con un cono interior de 25 mm, la flama debía alcanzar una temperatura entre 800 °C y 900 °C. Tenía que ubicar un punto sobre la superficie de la concha entre 50 mm y 100 mm desde el ápice, en esta zona aplicaba la flama del mechero Bunsen procurando que la punta del cono interior este aproximadamente a 2 mm de la superficie del casco, mantenía la flama en ese punto durante cinco segundos. Al finalizar la prueba se observaba si se presentaba combustión, o flama en la muestra.

Resistencia a la penetración

Esta prueba la realizaba con tres cascos acondicionados a una temperatura de 50 °C y dos acondicionados a una temperatura de - 18 °C. Utilicé la misma horma de la prueba de resistencia al impacto, pero sin el dispositivo de dureza Brinell, también necesité un proyectil de 454 g con una punta de acero con un ángulo de 35° y un radio de curvatura de 0.25 mm, este proyectil lo cubría en la punta con una película de cera. El centro geométrico ubicado en el ápice lo delimitaba con una circunferencia con un diámetro de 75 mm. Cumplidas estas especificaciones procedía a subir el proyectil a una altura de 3,05 m medida desde el ápice del casco hasta la punta del proyectil, al dejarlo caer debía hacerlo en el área más delgada dentro de la circunferencia marcada y evitando el punto de inyección o algún engrosamiento de material, también debía evitar que diera un segundo golpe sobre el casco y procurar que el proyectil impacte de forma vertical. Fue necesario repetir la prueba si el proyectil generaba un impacto angular. La prueba resultaba satisfactoria si la profundidad de penetración no era mayor a 10 mm, eso incluye el espesor del casco y al finalizar se media la profundidad de penetración del proyectil con ayuda de la marca que quedaba en la película de cera.

Pruebas mecánicas a calzado de seguridad

Las pruebas al calzado de seguridad garantizan su confiabilidad al usuario. El calzado que llegué a evaluar estaba destinado a proteger de impactos, riesgos de choque eléctrico y objetos punzo-cortantes. El calzado de protección se divide en siete tipos que son clasificados dependiendo de la protección que suministran. Normalmente las pruebas al calzado requerían más de un tipo de prueba, las pruebas menos comunes fueron las de calzado antiestático, el conductivo y el de protección metatarsal. A continuación explicaré la protección que brindan los diferentes tipos de calzado.

Tipo I: También es conocido como calzado ocupacional, está destinado a usarse en actividades donde el usuario está expuesto a riesgos menores, está diseñado para proteger de cortaduras, laceraciones y golpes contra objetos.

Tipo II: Es todo calzado que presenta puntera de protección. Está destinado a proteger los dedos de los pies contra riesgos de impacto y compresión.

Tipo III: Este tipo de calzado presenta protección dieléctrica. Está destinado a proteger contra riesgos de choque eléctrico.

Tipo IV: Este tipo de calzado presenta una protección metatarsal. Esta protección consiste en una concha unida al calzado que protege el empeine del pie contra riesgos de impacto directo al metatarso, este calzado también tiene que tener la protección de tipo II.

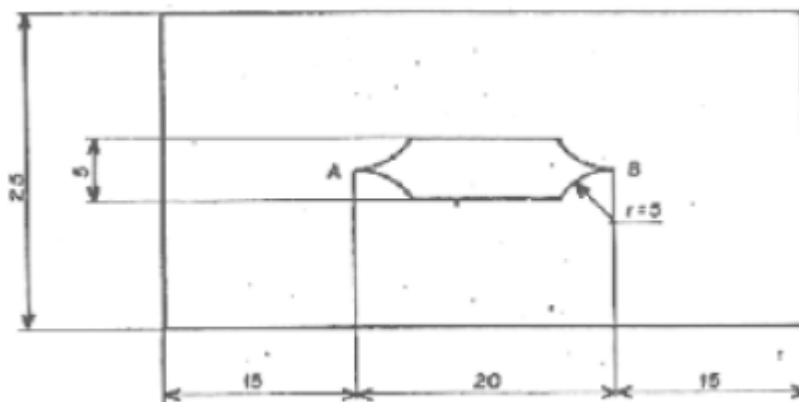
Tipo V: Es conocido como calzado de protección conductivo. Está destinado a disipar la electricidad estática del cuerpo al piso, esta función reduce la posibilidad de ignición de mezclas explosivas o sustancias inflamables.

Tipo VI: Cuenta con una plantilla metálica o textil resistente a la penetración. Esta plantilla protege la planta del pie contra objetos punzo-cortantes que puedan traspasar la suela del calzado.

Tipo VII: Es conocido como calzado de protección antiestático. Está destinado a reducir la acumulación de electricidad estática, disipándola del cuerpo al piso pero manteniendo una resistencia lo suficientemente alta para ofrecer al usuario una protección limitada contra un posible riesgo de choque eléctrico.

Resistencia al desgarre

Esta prueba trata de medir la fuerza necesaria para que una muestra de cuero se desgarre, esta prueba es aplicada a calzado que contemple el tipo I. Para realizarla primero necesité detectar la orientación de las fibras presentes en el cuero, las fibras que tenía que detectar son las que presentan elasticidad en el cuero, la probeta la corté con las fibras paralelas a los lados más grandes de los rectángulos, la siguiente figura muestra las dimensiones en mm de la probeta.



Para iniciar la prueba de desgarre necesité de medir el espesor de la probeta en cinco puntos distintos, después colocaba la probeta en los sujetadores que están adaptados a las mordazas de la máquina universal, la velocidad programada fue de 100 mm/min la probeta tenía que romperse de forma horizontal y la fuerza mínima requerida para aprobar esta prueba es de 100 N.

Absorción y desabsorción de agua

Esta prueba trata de simular la capacidad del corte de absorber la humedad generada por la sudoración de los pies del usuario y la capacidad de desabsorber la humedad en el tiempo de reposo del calzado, esta prueba es aplicada a calzado que contemple el tipo I. Para realizar la prueba necesité cortar dos probetas rectangulares de 40 mm x 40 mm, se pesó la probeta y se registró su masa inicial, la probeta se sumergía durante 8 horas, al término de las 8 horas las probetas se secaron con ayuda de un rodillo metálico de 490 g sobre un papel absorbente, se registra la masa y se dejaron secar suspendidas al aire sujetas de una esquina durante 16 horas, al finalizar este tiempo se registró la lectura de las probetas.

Para calcular la absorción utilicé la siguiente fórmula:

$$W_A = \frac{M_F - M_O}{M_O} \times 100$$

Donde

W_A Es el porcentaje de la absorción de agua a ocho horas.

M_F Es la masa medida en g después de las 8 horas.

M_O Es la masa inicial de la probeta medida en g.

Para calcular la desabsorción se necesita la siguiente fórmula:

$$W_D = \frac{M_F - M_R}{M_F - M_O} \times 100$$

W_D Es el porcentaje de desabsorción de agua.

M_F Es la masa expresada en g después de las 8 horas.

M_R Es la masa expresada en g después de 16 horas de desabsorción.

M_O Es la masa inicial de la probeta medida en g.

Resistencia de la puntera al impacto

Esta prueba se aplica a calzado con características de tipo II y IV, el calzado de este tipo se distingue por presentar puntera de protección metálica o de algún polímero, esta prueba trata de garantizar que la puntera de protección proporcionará una seguridad funcional. Para realizar esta prueba necesité de un percutor metálico con una masa de 21,5 kg con un cilindro de acero de 24,4 cm de diámetro, la energía necesaria para realizar la prueba es de 101,7 J originada por la caída libre del percutor, la altura a la que debe de ser lanzado el percutor la calculé mediante la siguiente fórmula:

$$h = \frac{E_p}{g \cdot m}$$

h Es la altura a la que debe de elevarse el percutor para generar la energía necesaria.

- g Es la aceleración gravitacional.
- E_p Es la energía necesaria para la prueba de impacto.
- m Es la masa del percutor.

En las pruebas que realicé el percutor tenía una masa de 19,56 kg esta masa estaba dentro los límites de tolerancia que establece la norma. Empleando la fórmula mostrada obtuve que la altura necesaria a la cual se debe elevar el percutor es de 0,530 m. para preparar el calzado fue necesario el ubicar los límites de la puntera de protección y marcar su contorno, una vez marcado se marcaron dos líneas más medidas desde el contorno de la puntera, una en dirección a la punta del calzado con una distancia de 13 mm a partir de la puntera y otra de 26 mm desde el contorno de la puntera pero que se dirija hacia el talón, también fue necesario el marcar un eje de prueba que se identifica con el punto máximo de las curvaturas del talón y la punta, esto forma una cruz en el calzado y el impacto se realizó en la intersección de la línea de 13 mm sobre la puntera de protección y el eje de prueba, el calzado se cortó desde la marca que tenemos a 26 mm después de la puntera de protección. También fue necesario hacer un cilindro de plastilina que se introducía en el calzado y se alineaba con el punto donde caerá el percutor, se registró la altura inicial y la altura final después de la caída del percutor en el cilindro, la altura del claro interior del cilindro de plastilina en su parte más baja tenía que estar dentro del mínimo permitido por la norma, en la norma NOM-113-STPS-2009 se contemplan distintas tallas de calzado y sus respectivas alturas mínimas del claro interior para pruebas de impacto y compresión. La mayoría de las pruebas a las que realicé pruebas de impacto y compresión fueron en calzado de talla 27 y el claro mínimo permitido es de 13 mm.

Resistencia de la puntera de protección a la compresión

Esta prueba se aplica a calzado con características de tipo II y IV, la probetas que se emplearon en esta prueba tenían las mismas características que la que se emplearon en pruebas de impacto, en esta prueba también se utilizó el cilindro de plastilina y las mismas especificaciones de medida mínima permitida del claro del cilindro de plastilina. La prueba la realicé en dos pasos empleando una máquina de pruebas universales, en el primer paso comprimía la probeta a una velocidad de 20 mm/min hasta llegar a 2,224 kN, el segundo paso se realizó sin retirar la carga a una velocidad de 5 mm/min hasta llegar a 11,135 kN. En esta prueba se utilizó el calzado correspondiente al par al cual se le realizó la prueba de resistencia al impacto.

Rigidez dieléctrica

La prueba de rigidez dieléctrica aplica a calzado de tipo III. Para realizar la prueba necesité de unas esferas metálicas sólidas de 3 mm de diámetro los cuales funcionaron como electrodos, también necesité un transformador de tensión el cual presenta como electrodo una cadena metálica. Para realizar esta prueba necesité colocar las esferas metálicas dentro del calzado cubriendo la superficie de la planta interior hasta alcanzar una profundidad de 30 mm o más, el calzado se colocó sobre una malla metálica conductora y con la cadena dentro para formar un circuito cerrado. En esta prueba se

sometió el calzado a una tensión eléctrica de 14 kV c.a. la cual se aplicó de manera gradual elevando aproximadamente 1 kV por segundo, cuando llega a los 14 kV la tensión eléctrica se mantiene durante un minuto y se mide la corriente de fuga que pasa del piso de la suela hacia el interior del calzado, la prueba resultaba no satisfactoria si el calzado superaba el valor máximo permitido de corriente de fuga antes de finalizar el minuto de prueba, esta corriente de fuga máxima permitida es de 1,0 mA.

Resistencia al impacto metatarsal

Esta prueba se aplica al calzado de tipo IV. La protección metatarsal a las que realicé pruebas consistía en una concha externa al calzado que se colocaba en el fuelle, o una protección interna conformada por placas de material textil y polímero. Para realizar estas pruebas necesité del mismo equipo que se empleaba para pruebas de resistencia al impacto, también fue necesario preparar unas hormas de cera a las cuales se les aplicaba el impacto, el calzado objeto de esta prueba tiene que ser de talla 24 o 27, las pruebas que realicé fueron en calzado de talla 24. Durante la prueba la nariz del percutor debía golpear la probeta en ángulo recto respecto al eje del talón-punta (eje de prueba) a una distancia de 86 mm sobre la suela, el percutor consistía en una barra cilíndrica de 152 mm de longitud y 25.4 mm de diámetro, el percutor golpeaba el calzado en el punto marcado sobre el eje de prueba con una energía de impacto de 101,7 J. Después de realizar el impacto se registró la altura del claro interior que quedó marcado en la horna de cera, el claro interior mínimo para calzado de talla 24 es de 24 mm, la prueba se repetía si la horma de cera se rompía.

Resistencia a la penetración

Esta prueba aplica para calzado con características de tipo VI, este calzado se identifica por presentar una plantilla metálica o textil, para preparar la probeta necesité cortar la suela del calzado, también necesité de un punzón de acero con una dureza Rockwell C mínima de 60, la punta del punzón tenía que tener un ángulo de 30° y su vértice estar truncado para formar un diámetro de 1 mm. El punzón lo monté en la máquina de pruebas universales, el punzón tenía que acomodarlo con los tachones hacia arriba sin que penetre sobre un tachón, la velocidad de penetración la programé a 10 mm/min y se le detenía cuando la punta del punzón atravesaba la probeta, se registraba la fuerza máxima que se presentaba durante el periodo de prueba. La prueba de penetración la repetí en cuatro puntos diferentes distribuidos a lo largo de la probeta y con por lo menos 30 mm de separación entre ellos, en el informe de resultados se reportaba el valor mínimo de fuerza registrado en el calzado.

Resultados

Durante el tiempo en que laboré en NYCE laboratorios pude hacer uso de mi formación como ingeniero al emplear los conocimientos que adquirí en diversas materias para analizar las pruebas que realicé, pude analizar los materiales empleados para los diversos productos y sus propiedades mecánicas gracias a los conocimientos que pude adquirir

dentro de las materias como ciencia de materiales, materiales no metálicos, y metalurgia física, con los conocimientos adquiridos en estas materias pude adquirir mayor capacidad de análisis para detectar las razones que originaban que una prueba falle, gracias a los conocimientos adquiridos pude diferenciar si la falla de la prueba pudo ser causa de defectos de fabricación o por problemas en la metodología empleada. En los laboratorios de dichas materias pude emplear máquinas universales y en cursos me familiaricé con las características que deben tener las gráficas, fue así como pude identificar anomalías durante una prueba mediante las gráficas trazadas por la máquina de pruebas universales y analizar la posible falla al determinar si la gráfica presentó un comportamiento normal a cómo debe de comportarse el material a analizar, los casos en que no se presentaba un comportamiento normal fue necesario el analizar la gráfica y determinar en qué punto el material se comporta de forma distinta y así corregir el problema, los problemas podían ser por mala preparación de la probeta, por acomodar mal la muestra o incluso defectos de fabrica, las pruebas que fallaban se repetían para eliminar posibles errores humanos, si la muestra seguía fallando se concluía que es defecto de fábrica. En estos casos se tenía que analizar alguna causa que generara dicha falla, este análisis resultaba útil para justificar que la prueba se realizo correctamente y que la falla es debida a defectos de fabrica. El análisis realizado también le era brindado al usuario que presento la muestra a analizar, pues así se creaba un servicio con el que el usuario podía tratar de corregir los errores presentados. Otros de los conocimientos empleado fueron algunos conceptos de algebra, estática y dinámica, estas materias no fueron abordadas completamente, sin embargo los conocimientos adquiridos en ellas también resultaron útiles.

Conclusiones

Durante el tiempo que laboré en NYCE laboratorios pude hacer uso de mis conocimientos como ingeniero mecánico, pude emplear conocimientos adquiridos en diversas materias, referentes a materiales, también hice uso de capacidad analítica que me fue inculcada y desarrollada en la facultad de ingeniería, cada materia cursada presentó un reto en el que se debía prestar atención a detalles y ser objetivo. La formación académica que obtuve en la facultad de ingeniería me fue muy útil para realizar mis labores en el laboratorio de metal-mecánica, así mismo obtuve una formación personal en la facultad de ingeniería, las tareas que dejaban en las materias fueron capaces de aumentar la disciplina y entrega en las actividades que día a día realizo, también desarrollé orden en las actividades que realizo.

Bibliografía

ISO/IEC 17025:2005, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

Ley federal sobre metrología y normalización.

NMX-EC-17025-IMNC-2006, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

NOM-086-SCFI-2010, Industria hulera-Llantas.

The tire and rim association, Passenger.

NOM-115-STPS-2009, Seguridad – equipo de protección personal – Cascos.

NOM-113-STPS-2009, Seguridad – equipo de protección personal – Calzado

<http://dof.gob.mx/normasOficiales.php>, Diario oficial de la federación.

<http://nycelaboratorios.com.mx>

Anexo

A continuación presento algunas imágenes acompañadas de una breve explicación para ilustrar mis labores.

Máquina de pruebas dinámicas para llantas.



Brazo hidráulico que aplica la carga a la llanta



Panel de control para máquinas de pruebas dinámicas en llantas, en el se monitorean las cargas, voltajes de los motores, velocidad del tambor y temperatura de las unidades hidráulicas.

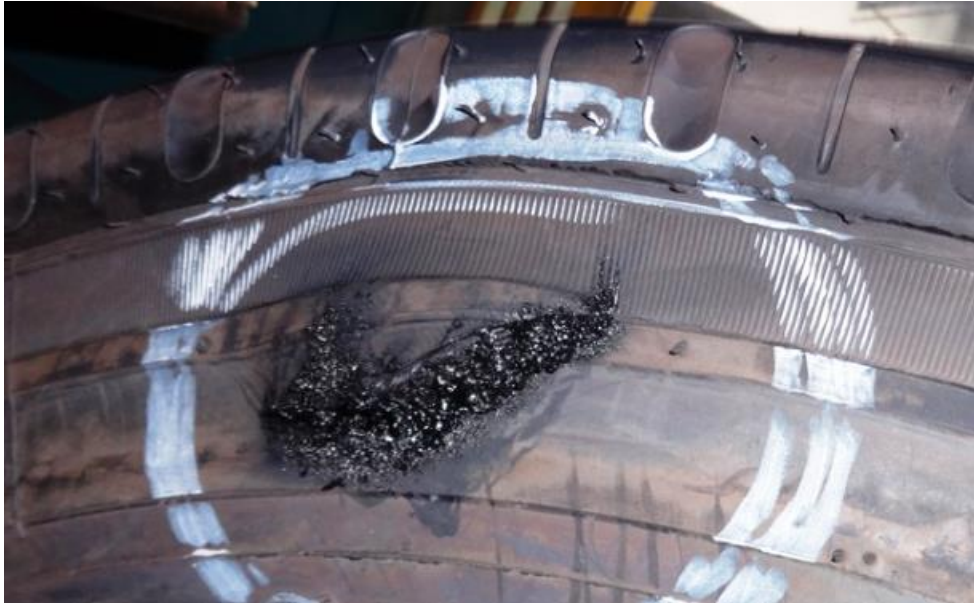


PLC de la máquina de pruebas dinámicas, en el se programan las pruebas a realizar.



A continuación se muestra una falla de fabricación en una llanta de camión, se determinó que la falla fue resultado del material de la llanta, pues no soportó la presión y la temperatura que se genera dentro de la llanta, debido a esto se generó un orificio por el que se fugó el aire en la llanta, los desgarres a los lados son provocados debido a la presión que escapó de la llanta. Al momento de detectar la falla se alcanzó a registrar una presión de 1005 kPa, esta presión indica que la llanta no pudo soportar la carga aplicada

pues inicialmente contaba con una presión de 830 kPa, este tipo de llantas normalmente tienen una presión final de 950 kPa.



La siguiente llanta presenta una falla que se originó porque las cuerdas no soportaron la carga suministrada, cuando las cuerdas ceden a la carga la llanta se deforma y se destruye internamente hasta que la presión interna hace explotar la llanta en el punto mas débil.



La siguiente falla se originó debido a la fabricación de la llanta, en esta llanta se empleó una llanta reciclada, la presión en la llanta fue soportada por las cuerdas, pero la banda de rodamiento en la llanta reconstruida se desprendió.



En la siguiente llanta se muestra otro tipo de falla en una llanta reciclada, en esta llanta la banda de rodamiento se desprendió completamente debido a que no tenía la adherencia suficiente en la llanta, el aumento de temperatura y de volumen desprendieron la banda de rodamiento.



Es importante identificar una falla mecánica de una falla producida por acción humana, la siguiente llanta muestra tachones de la banda de rodadura que se desprendieron por que la llanta trabajó a baja presión de inflado.



La siguiente imagen muestra una llanta que fue inflada con una presión superior a la que indica la norma y su capacidad máxima, esta falla es debida a un error humano y se puede notar la diferencia que existe con la explosión de una falla mecánica.



Esta falla presenta error humano y de maquinaria, esta es una llanta con cámara, la cámara presentó fuga y los sensores de baja presión en la máquina de pruebas dinámicas no detectó la caída de presión y la llanta trabajó sin presión de inflado y con la carga aplicada. Estas condiciones formaron el corte que se puede notar en la imagen.



Máquina para pruebas universales con el brazo mecánico diseñado para realizar las pruebas de resistencia al desmontaje de la ceja.



Brazo mecánico realizando prueba de resistencia al desmontaje de la ceja.



Prueba de resistencia a la penetración.



Máquina de pruebas universales, brazo mecánico para resistencia al desmontaje de la ceja y panel de control para realizar las pruebas a las llantas



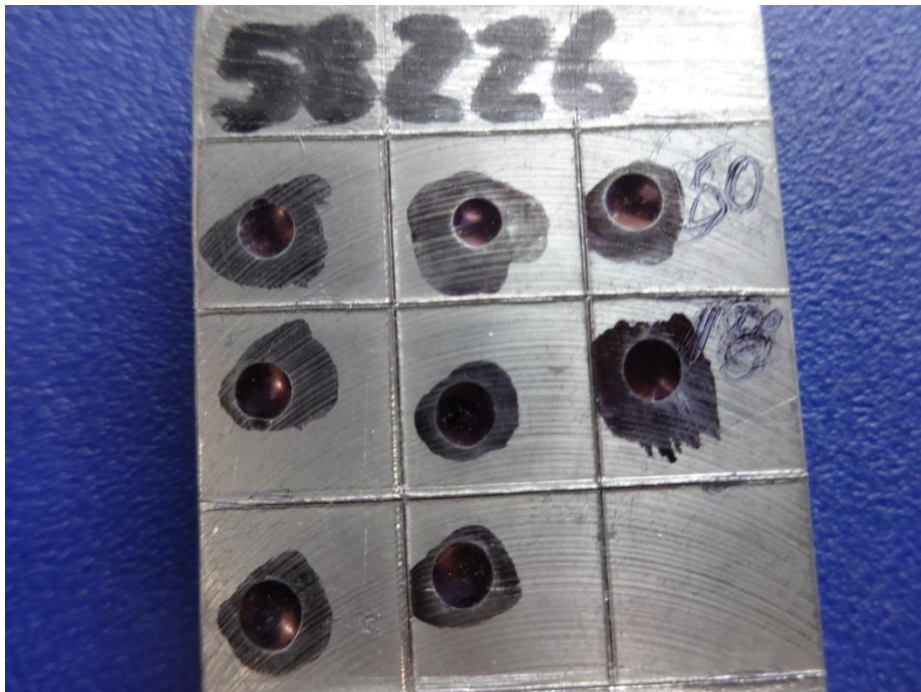
Barra metálica en la que se imprime la huella del impacto, esta barra se coloca bajo la horma para el casco.



Horma donde se monta el casco.



Marcas de penetración producidas por el balín impresor después de la prueba de impacto, las primeras cuatro pertenecen a cascos a 50 °C y las restantes a cascos acondicionados a - 18 °C.



Microscopio de medición analógico, con el se mide el diámetro de la impresión del balón después del impacto y con este diámetro se puede calcular la fuerza transmitida sobre el casco.



Casco fracturado después de una prueba de impacto, el material acondicionado a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ se endureció y no pudo soportar el impacto de la bola de acero.



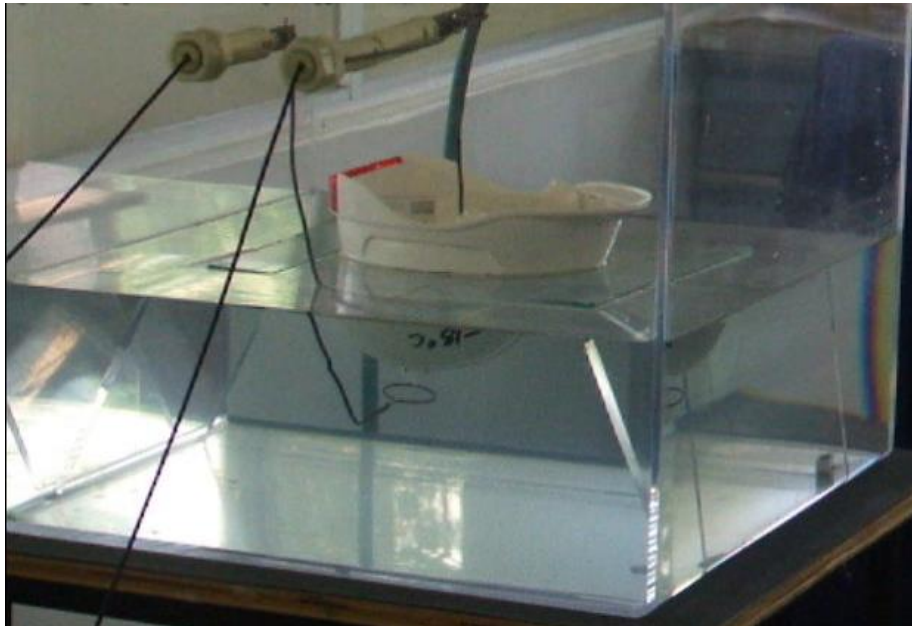
Proyectil para la prueba de resistencia a la penetración.



Este casco fallo a la prueba de resistencia a la penetración, el proyectil atravesó el casco.



Estanque para realizar pruebas de tensión eléctrica soportable y perforación por efecto de tensión eléctrica.



Arco eléctrico presentado durante una prueba de tensión eléctrica soportable.



Combustión causada por efecto del arco eléctrico.

