



GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y LINEAMIENTOS PARA
LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO
EN PLACAS Y APOYOS INTEGRALES
DE NEOPRENO PARA PUENTES

2014



GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y LINEAMIENTOS PARA
LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO
EN PLACAS Y APOYOS INTEGRALES
DE NEOPRENO PARA PUENTES

2014

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán No. 1895
Col. Acacias
Delegación Benito Juárez
03240 México, D.F.

ISBN 978-607-96936-1-9
Derechos Reservados
Prohibida su reproducción para fines comerciales

Primera Edición 2014

AGRADECIMIENTO

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Agradece a las dependencias Federales, Estatales y del Distrito Federal, a las Instituciones de Investigación y Académicas, a las Sociedades Técnicas, Cámaras y Asociaciones del Autotransporte, así como a las empresas privadas, por sus conocimientos y experiencia vertidos para la elaboración de esta Guía.

INDICE

**CAPITULO 1
GENERALIDADES**

1.1 Objetivo	3
1.2 Definición	3
1.3 Características, materiales y componentes	7
1.3.1 Constitución	7
1.3.2 El material neopreno	7
1.3.3 Las placas de acero	8
1.4 Clasificación de los apoyos integrales de neopreno	8
1.4.1 Estructuración	8
1.4.2 Material	8
1.4.3 Desempeño	8
1.5 Requisitos para pedido y fabricación de apoyos de neopreno	9

**CAPITULO 2
FABRICACIÓN DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO**

2.1 Procedimiento de fabricación	13
2.2 Composición usual del látex natural	13
2.3 Neopreno	15
2.4 Buna o caucho artificial	15
2.5 Otros cauchos especiales	15
2.6 Características del caucho	15
2.7 Composición de los cauchos	16
2.8 El Negro de Humo	18
2.9 El aceite parafínico	19
2.10 El aceite esteárico	19
2.11 El óxido de zinc	19
2.12 El azufre	19
2.13 Vulcanización	22
2.14 Aceleradores de vulcanización	23
2.15 Activadores y retardantes	23
2.16 Control de calidad	25

**CAPITULO 3
ASPECTOS REGLAMENTARIOS**

3.1 Disposiciones para el neopreno vulcanizado	29
3.1.1 Características químicas del neopreno	29
3.1.2 Características físicas del neopreno	29
3.2 Disposiciones para placas de neopreno	30
3.2.1 Características físicas de placas de neopreno	30
3.3 Disposiciones para apoyos integrales de neopreno	31
3.3.1 Características del acero	31
3.3.2 Características físicas de apoyos integrales de neopreno	32
3.4 Transporte y almacenamiento	35
3.5 Requisitos para aceptación o rechazo	35
3.6 ASTM D4014-03 (Reaprobada 2007) Especificación estándar para Placas y apoyos Integrales de neopreno para puentes	35

3.7 AAASHTO M 251-06 (2011) Especificaciones estándar para Placas y apoyos integrales de neopreno para puentes	37
--	----

CAPITULO 4 PRUEBAS DE LABORATORIO

4.1 Pruebas en el neopreno vulcanizado	41
4.1.1 Prueba de tensión y alargamiento	41
4.1.2 Prueba de envejecimiento acelerado	45
4.1.3 Prueba de dureza Shore "A"	47
4.1.4 Prueba de resistencia al ozono	50
4.1.5 Prueba de desgarramiento	52
4.1.6 Prueba de deformación permanente por compresión	56
4.2 Pruebas de placas y apoyos integrales de neopreno	58
4.2.1 Muestreo de placas y apoyos integrales de neopreno	58
4.2.2 Inspección visual y verificación de dimensiones	62
4.2.3 Prueba de compresibilidad en placas y apoyos integrales	66
4.2.4 Prueba de esfuerzo-deformación por compresión	70
4.2.5 Prueba de esfuerzo cortante "Módulo G"	72
4.2.6 Prueba de compresión a la carga máxima de diseño	76
4.2.7 Prueba de compresión inclinada para módulo cortante	79
4.2.8 Prueba de compresión 1,5 veces la carga máxima de diseño	82
4.2.9 Formatos para informe de resultados	84

CAPITULO 5 ALGORITMO PARA PROGRAMAR LA FABRICACIÓN Y ENSAYE DE PLACAS Y APOYOS DE NEOPRENO

5.1 Solicitud de ensaye de placas y apoyos integrales de neopreno	105
5.1.1 Requisitos de la solicitud de ensaye de placas y apoyos integrales de neopreno	105
5.1.2 Recepción de las placas y/o apoyos integrales de neopreno en el laboratorio	105
5.1.3 Preparación y ejecución de las pruebas en placas y/o apoyos integrales de neopreno	106
5.2 Retiro de placas o apoyos integrales de neopreno del laboratorio por parte de la dependencia correspondiente	118

CAPITULO 6 GLOSARIO DE TÉRMINOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
----------------------------	-----

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. Objetivo

El presente documento tiene como objetivo presentar información básica que sirva de guía para el fabricante de placas y apoyos integrales de neopreno, para el contratista que solicita su fabricación, para el diseñador de la obra, para el laboratorio donde se ejecuten las pruebas a dichos elementos y para el residente y supervisor de la obra. Lo que se persigue es mejorar todo el proceso y que la obra en cuestión tenga desde el momento de su puesta en servicio, mejores condiciones para su funcionamiento a lo largo de su vida útil.

Se busca también con este documento que se consideren los dispositivos de apoyo integrales de neopreno, como una parte sustancial de un puente, como elementos importantes que transmiten la carga de la superestructura a la subestructura, que sean capaces de soportar deformaciones y rotaciones debidas a cargas horizontales, cambios de temperatura y desde luego las cargas verticales de la superestructura.

Se desea mostrar que es conveniente realizar un diseño conservador de estos elementos, con el fin de reducir en edades tempranas de la vida útil de la estructura su reemplazo, debido a que el impacto en el costo para tales operaciones es usual encontrarlo del orden de 1 a 50.

Es importante invertir esfuerzos importantes con los fabricantes de estos elementos, para que dispongan de un sistema de gestión de la calidad en su proceso de fabricación y se encaminen hacia una certificación del tipo ISO como lo es en otros países.

Es también importante que residente y supervisor de la obra, asuman un mayor control en todo el proceso desde la fabricación, verificación de calidad, transporte, almacenamiento y colocación de los apoyos integrales de neopreno para su uso en puentes.

1.2. Definición

Los apoyos de neopreno integral o en general de otro tipo de apoyos, son elementos importantes de una estructura y no hay motivo para considerarlos menos importantes y de durabilidad menor que la de la estructura y por tanto suponerlos como un material consumible. A este respecto, deberá tenerse en cuenta un cuidado adecuado en su selección, su calidad, su diseño y su colocación en obra. Más aún cuando el costo del propio producto no tiene comparación con aquel que resulta de las operaciones de intervención para levantar la estructura y reparar o sustituir los apoyos de neopreno integral, teniendo en cuenta que el impacto de estas operaciones es de alrededor de 50.

En la literatura se reportan tres orígenes de problemas o fallas en los diversos tipos de dispositivos de apoyo (1):

- Defectos diversos debidos a una calidad deficiente del producto (corrosión del acero de refuerzo, falta de adherencia neopreno-acero, etc.)
- Defectos en su colocación
- Deficiencias y carencias debidas a un diseño inadecuado (placa de deslizamiento muy corta, insuficiencia de capas de neopreno, dimensiones en planta insuficientes, etc.)

Para contar con estructuras de calidad, tanto en su concepción, diseño, construcción, operación, funcionalidad y mantenimiento, es necesario hacer énfasis en la importancia de realizar el análisis y diseño del tablero, de los dispositivos de apoyo y los apoyos como un conjunto indisoluble y no como elementos aislados. Esta Guía pretende contribuir a mejorar la práctica profesional en lo que respecta a los apoyos en obras de infraestructura como son los puentes.

Los apoyos de neopreno integral y de apoyos tipo pot, constituyen en México y en muchos otros países más del 90% de los apoyos utilizados en puentes. Es por ello que se considera importante hacer hincapié en los factores a considerar en su selección. Los factores a contemplar en la selección de uno u otro tipo de apoyo, contemplan la bajada de cargas, rotación máxima, desplazamientos horizontales, durabilidad, costo, tipo de puente, su entorno y las disposiciones constructivas. Para cada tipo de estructura, es necesario analizar cuál de los dispositivos de apoyo es más conveniente.

Para valores de reacciones de apoyo limitadas a 12 MN (1224 t) en un análisis de resistencia última, el apoyo de neopreno integral es más adecuado. Este valor corresponde a dimensiones en planta del orden de 700 x 700 mm. Para valores superiores a 20 MN (2039 t), los apoyos tipo pot son más convenientes debido a que reducen el amontonamiento del dispositivo. Entre estos dos valores, es posible conservar el uso de los apoyos de neopreno integrales, sea aumentando sus dimensiones hasta de 900 x 900 mm para los puentes grandes, sea colocando dos apoyos más pequeños. Esta última solución no es sencilla de aplicar en la práctica para puentes, salvo aquellos de sección en cajón o los puentes de losa en concreto. Esta solución es difícil de aplicar en puentes con trabes, sean mixtos o en concreto presforzado.

En lo que respecta a las rotaciones importantes en apoyo, los apoyos de neopreno integrales pueden ser convenientes, pero es necesario aumentar exageradamente su espesor, lo que conduce a considerar otros problemas. Para desplazamientos horizontales, los sistemas de deslizamiento de los apoyos tipo pot ofrecen una mejor calidad y en consecuencia una mejor durabilidad. Por tanto, es el criterio de desplazamiento lo que va a influir en su selección.

De cualquier forma, las restricciones de fabricación (dimensiones de prensas principalmente) conducen a que las dimensiones más grandes de apoyos de neopreno integral, actualmente en Francia, sean de alrededor de 1000 x 1000 x 300 mm, en otros países pueden alcanzar hasta de 1200 x 1200 x 300 mm. En México estas dimensiones máximas alcanzan valores de 900 x 900 x 200 mm.

En cuanto al costo, el de apoyo de neopreno integral es más pequeño que el de apoyo tipo pot. No obstante, no debe perderse de vista que el costo de los dispositivos de apoyo representan un monto mínimo con respecto al del puente.

En zonas que presentan actividad sísmica importante, inclusive para bajada de cargas importante, es preferible prever el uso de apoyos de neopreno integrales. En efecto, la ausencia de punto fijo y considerando la suavidad que aportan los apoyos de neopreno integral, el comportamiento global del puente ante un sismo de amplitud moderada es más adecuado. Bajo la acción de un sismo fuerte, los apoyos de neopreno integral se desgarran y su remplazamiento será menos costoso que el que correspondería a los apoyos tipo pot.

Para la correcta instalación de los apoyos de neopreno deberán tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Los apoyos establecen un vínculo entre el tablero y la subestructura (pilas y estribos). Este vínculo permite unos movimientos e impide otros y transmite fuerzas a la subestructura, siendo este reparto de fuerzas en la subestructura (fuerzas horizontales) función de las acciones exteriores, de la tipología de los apoyos y de la rigidez de la subestructura.
- Siempre que se pueda, para cumplir con las limitaciones de diseño, será conveniente recurrir a los apoyos integrales de neopreno.
- Cuando se utilicen aparatos de apoyo deslizantes, deberá hacerse una valoración precisa del coeficiente de rozamiento. Incluso en puentes de envergadura, en que sea prioritario un dimensionamiento ajustado de la subestructura, podrá aconsejarse la realización de ensayos para determinar en las condiciones más desfavorables los valores extremos del mencionado coeficiente de rozamiento.

- Cuando se utilicen aparatos de apoyo deslizantes, deberán ir en combinación con otras tipologías de aparatos de apoyo en otras líneas de apoyo (fijos, de neopreno zunchado) porque, de no ser así, los tableros quedarían libres en un plano horizontal.
- Insistiendo en lo anterior, en función de la longitud del puente sin juntas, las distintas líneas de apoyo del tablero podrán tener, en general apoyos de diferentes tipologías.
- El proceso constructivo puede influir en la elección del sistema de apoyo del puente, o en su caso, determinar distintas funciones para los aparatos de apoyos según se esté en fase constructiva o con el tablero terminado.

Debe prestarse particular atención en este sentido a los puentes contruidos por fases o empujados. Es necesario recurrir a sistemas de apoyo provisionales distintos de los definitivos.

- Variando las distintas tipologías de apoyo (o los espesores de neopreno en el caso de apoyos de neopreno zunchado), podrá modificarse el esquema de reparto de las acciones horizontales en la subestructura, lo que puede resultar determinante en el diseño de esta.
- En caso de disponer de una línea de apoyos, con apoyos fijos tipo pot uno deberá ser completamente fijo en sentido horizontal (direcciones x e y) pero el otro o los otros, siendo fijos en la dirección x, deberán permitir el movimiento en la dirección y (dirección transversal al eje del tablero) para evitar, fundamentalmente en el caso de los tableros anchos, que aparezcan coacciones debidas a las deformaciones termohigrométricas en sentido transversal al eje del puente.

En la colocación de los apoyos es necesario tener en cuenta una serie de reglas y consideraciones para garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad (en general, intrínsecamente alta dadas las características de los materiales que los constituyen) a lo largo de la vida útil de la estructura. En particular, además de las recomendaciones que pueda hacer el fabricante de los apoyos en cada caso, es preciso tener en cuenta:

- Las caras superior (en contacto con el tablero) e inferior (en contacto con la subestructura) deben ser perfectamente paralelas y estar en planos horizontales.

Téngase en cuenta que los tableros pueden tener pronunciados desarrollos verticales y fuertes peraltes transversales.

La manera habitual de conseguir esta condición de planeidad y horizontalidad es mediante la colocación de morteros de nivelación y tacones de apoyo.

De cualquier manera, la capa de mortero interior, aunque pueda no ser necesaria por la geometría de la traza, es siempre aconsejable para absorber las posibles irregularidades de la parte superior de la subestructura.

Un dispositivo de apoyo de neopreno integral es un bloque de neopreno vulcanizado reforzado interiormente por una o varias láminas de acero, coladas químicamente (aderización) durante la vulcanización (Figura 1.1). El neopreno es un material macromolecular que retoma aproximadamente su forma y sus dimensiones iniciales después de sufrir una deformación importante bajo la acción de una pequeña variación de esfuerzos.

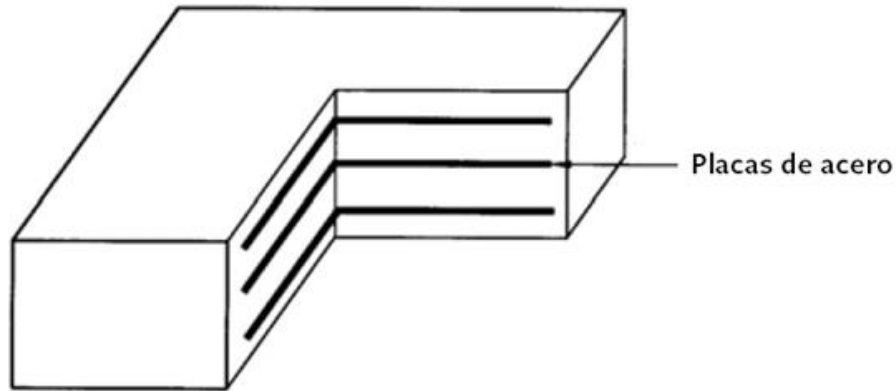


Figura 1.1 Constitución típica de un apoyo de neopreno integral.

El material base se obtiene efectuando una serie de transformaciones al material bruto mezclado con diferentes cargas. Después del tratamiento, el producto se presenta bajo la forma de láminas o placas de algunos milímetros de espesor. Éstas son cortadas de acuerdo a las dimensiones del molde y de la masa del neopreno en cada una de las capas del producto que se desea obtener y posteriormente colocadas en los moldes sobre láminas metálicas previamente limpiadas y tratadas (Figura 1.2). El conjunto es entonces vulcanizado mediante presión y calor.

En esta Guía se consideran sólo los apoyos tipo sándwich cuyas dimensiones en planta son inferiores a 1200x1200 mm.



Figura 1.2 Vista de una prensa del desmolde.

1.3. Características, materiales y componentes

1.3.1. Constitución

En la Figura 1.3 se presentan las diferentes partes constitutivas de un apoyo de neopreno integral.

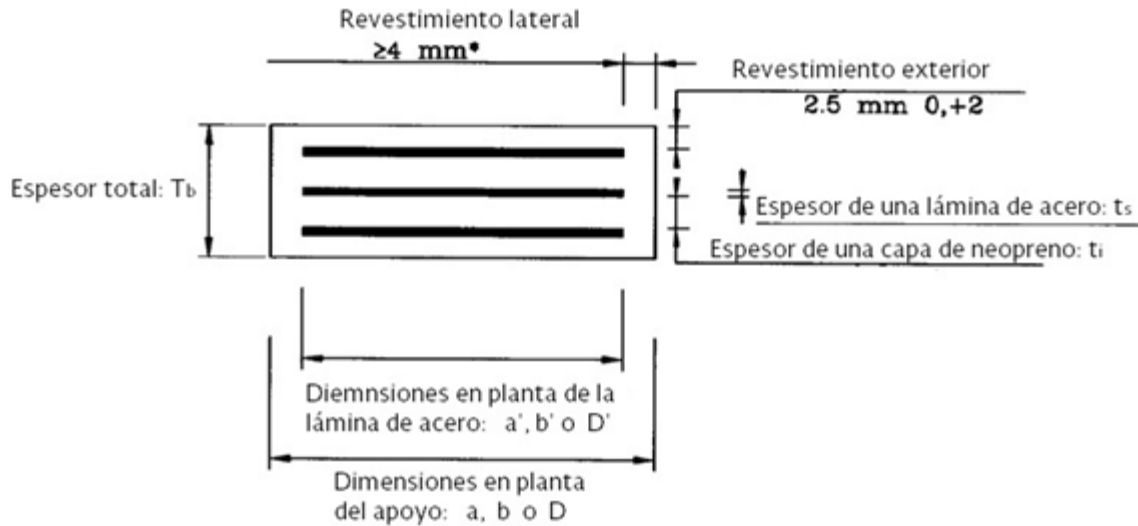


Figura 1.3 Constitución típica de un dispositivo de apoyo de neopreno integral.

1.3.2. El material neopreno

El caucho o hule usado en la composición de dispositivos de neopreno puede ser natural y de origen vegetal, el látex y es por tanto un polímero del isopreno (polisopreno o Natural Rubber (NR), sea sintético y en este caso el compuesto es la mayor de las veces un polímero del cloropreno (policloropreno ó CR Chloroprene Rubber). Existen varias fórmulas que dan origen a una marca del producto en el mercado.

¿Cuáles son los criterios que permitirán seleccionar uno de los tipos con respecto al otro?

El caucho natural presenta (con una formulación adecuada) una buena resistencia a la tracción, un alargamiento excelente a la ruptura, un buen comportamiento bajo solicitaciones dinámicas y al frío; sin embargo; presenta una tendencia a la cristalización. Por el contrario, su permeabilidad al gas es importante, su resistencia a los aceites y solventes es muy mala y su sensibilidad al envejecimiento debe ser compensada por el empleo de tratamientos anti-oxígeno y anti-ozono. En diversos países europeos y otros, se ha seleccionado el policloropreno que presenta, entre otras cualidades, una excelente resistencia al envejecimiento, una tasa mínima a la fluencia bajo carga y una buena resistencia al desgarramiento. Es esto lo que lo hace perfectamente bien adaptado a las solicitaciones de dispositivos de apoyo.

Algunas consideraciones económicas en el corto plazo, pueden conducir a orientar la selección del caucho natural, pero es tomar un riesgo en el tiempo sobre el comportamiento del apoyo, no justificado por la diferencia en el precio con respecto al costo de un cambio de dispositivo en un puente en la etapa de servicio. Es por ello, que varios reglamentos en diversos países, entre ellos México, sugieren únicamente la utilización del policloropreno (CR).

Sobre la capacidad de resistencia al ozono, es conveniente sugerir que, para los apoyos destinados a usarse en los puentes y estructuras similares, se establezca una disposición de resistencia al ozono correspondiente al valor máximo de 100 ppcm.

El espesor mínimo de una lámina no podrá en ningún caso ser inferior a 5 mm, ni superior a 25 mm; respectivamente.

1.3.3. Las placas de acero

El acero de refuerzo deberá ser acero estructural A-36 o de un acero que presente un alargamiento mínimo a la ruptura equivalente al 20% o que el proveedor suministre un certificado que manifieste un alargamiento al menos igual al que corresponde al acero A-36, con límite elástico de 250 MPa.

El espesor de las láminas no podrá en ningún caso ser inferiores a 2,4 mm.

Los eventuales elementos de deslizamiento.

La disposición más empleada en varios países, considera que los elementos de deslizamiento conforman una placa de PTFE (teflón) perforada colada sobre la parte superior del apoyo de neopreno, sea sobre el recubrimiento exterior de neopreno, sea sobre una placa exterior de acero. Una placa de acero- inoxidable ligada a una placa superior de acero A-36 desliza sobre la placa de teflón PTFE (teflón).

1.4. Clasificación de los apoyos integrales de neopreno

De acuerdo con la norma ASTM D4140, Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges se identifican de la siguiente forma:

1.4.1. Estructuración

Por la forma en que se construyen los apoyos se clasifican en cuatro tipos (Figura 1.4), los cuales se indican a continuación:

- Placa de neopreno sencilla.
- Apoyo de neopreno tipo sándwich con placas de carga externas adheridas.
- Apoyos de neopreno reforzado con placas de acero.
- Apoyos de neopreno reforzado con placas de acero y placa de carga externa.

1.4.2. Material

El elastómero para la fabricación del apoyo se produce en dos tipos y se identifican como sigue:

- Tipo CR- Hule cloropreno.
- Tipo NR- Hule natural.

Si no se especifica ninguno, el fabricante deberá utilizar uno de esos tipos.

1.4.3. Desempeño

El elastómero para la elaboración del apoyo se fabrica en cuatro grados de temperaturas:

- Grado 0-Adecuado para uso continuo a + 5 ° C.
- Grado 2-Temperaturas bajo cero se producen por la noche y en ocasiones persisten durante no más de uno o dos días.
- Grado 3-Igual que el grado 2 pero con los períodos ocasionales de hasta dos semanas de forma continua por debajo de cero.

- Grado 5-Temperaturas bajo cero de hasta -40°C que persiste durante varios meses cada año con hasta dos meses de forma continua por debajo de -15°C .

Si no se indica el grado se especificará el grado 0.

Un elastómero de un número de grado más alto podrá sustituirse por cualquier grado inferior.

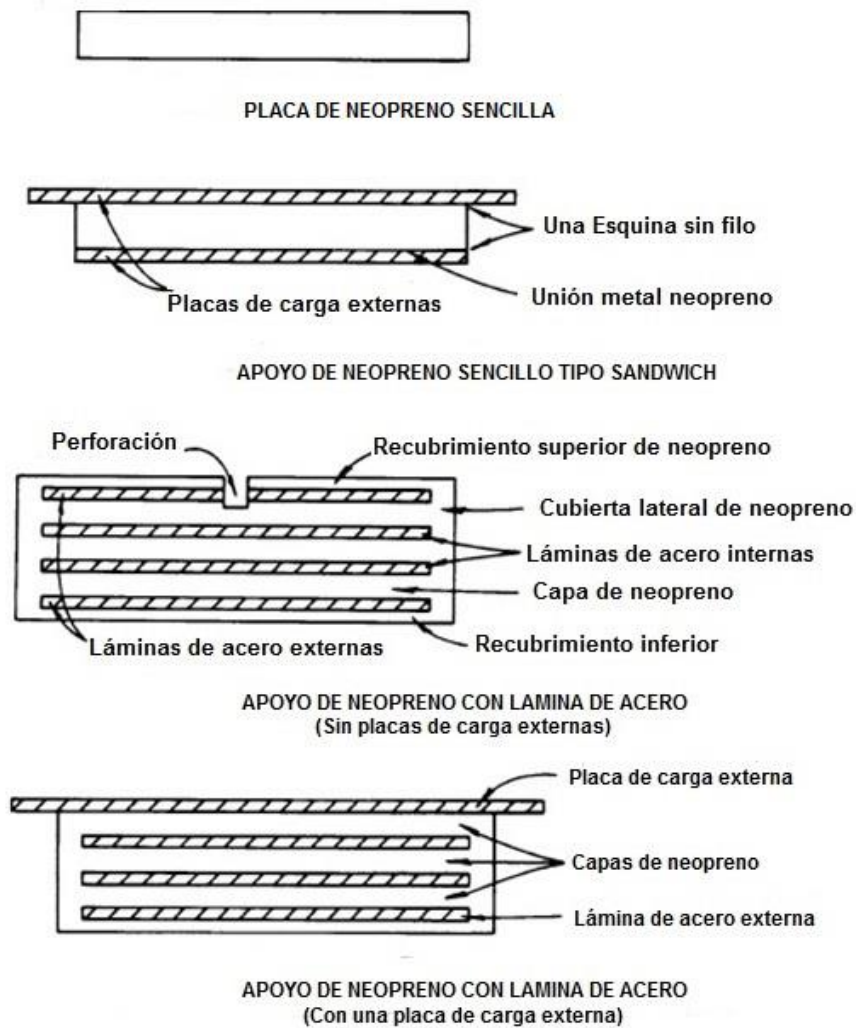


Figura 1.4 Ejemplos de construcción de los tipos de apoyos elastomérico.

1.5. Requisitos para pedido y fabricación de apoyos de neopreno

Información de pedidos

Los pedidos de cada tipo de apoyo bajo esta especificación deberán incluir lo siguiente:

Cantidad

Diseño de apoyo

Carga de Diseño

Módulo cortante del neopreno

Tipo de Caucho

Grado del Caucho

Presión parcial de la prueba de ozono, si es superior a 50 MPa (anteriormente conocida como una concentración de 50 partes por cada cien millones (ppcm)).

CAPÍTULO 2

FABRICACIÓN DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

CAPÍTULO 2

FABRICACIÓN DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

2.1. Procedimiento de fabricación

El caucho es un hidrocarburo cuya materia prima es llamada látex, obtenida a través del sangrado de la corteza de algunas variedades de árboles de las familias de moráceas y euforbiáceas tropicales.

El caucho es el cuerpo sólido que tiene el mayor coeficiente de dilatación y que aumenta considerablemente con la vulcanización. Un corte reciente de caucho crudo, sin vulcanizar, se puede volver a unir soldándose entre sí, con sólo presionar uno contra otro. Una vez vulcanizado pierde esta propiedad pero adquiere una mayor elasticidad pudiendo alargarse hasta seis veces su longitud original.

2.2. Composición usual del látex natural

Tabla 2.1 Composición del látex.

Componente	Porcentaje
Hidrocarburo de caucho	30-36%
Cenizas	0,5%
Proteínas	1,5%
Resina	2%
Quebrachitol ($C_7H_{14}O_6$)	0,5%
Agua	60%

El caucho en estado natural es un hidrocarburo blanco e incoloro y lechoso producido por las células de las plantas, mediante un corte inicial y retirando selectivamente la corteza. Se le agrega una solución amoniacal para evitar que se coagule y un bactericida. Para 189,27 litros (50 galones) de látex de campo, se agregan 3,785 litros (un galón) de amoniaco y 3,785 litros (un galón) de bactericida.

Finalmente el caucho es ahumado, secado y embalado para su distribución a los fabricantes.

El producto así obtenido a temperatura ambiente es líquido, a bajas temperaturas se vuelve rígido y cuando se congela adquiere estructura fibrosa, de 0 a 10 °C es frágil y calentado a más de 100 °C se ablanda y sufre alteración permanente. El caucho natural tiene una gran deformación debido a su naturaleza plástica. A temperaturas de 200 °C o superiores se descompone.

El caucho natural es insoluble al agua y soluble en benceno, petróleo, hidrocarburos clorados y bisulfuro de carbono. Se oxida rápidamente con agentes oxidantes, pero con el oxígeno de la atmósfera del ambiente lo hace lentamente.

Estos descubrimientos dieron lugar a un rápido desarrollo de la industria del caucho, que se empezó a utilizar especialmente en la fabricación de ruedas de bicicletas y automóviles y también en la impermeabilización de ropas y zapatos.

Con la aparición del automóvil aumentó significativamente la demanda de caucho.

El inventor estadounidense Charles Goodyear descubrió en 1839, que cociendo caucho con azufre desaparecían algunas de las propiedades del caucho en un proceso denominado vulcanización.

Durante la primera Guerra Mundial, químicos e ingenieros alemanes trataron de encontrar un sustituto al caucho natural debido a que Inglaterra monopolizaba la producción y comercialización del caucho natural.

El caucho sintético surge a partir del 2,3-diethyl butadieno o methyl isopreno. Para mejorar el producto deciden utilizar otro ingrediente, el butadieno. Así el B-metil-caucho lo llaman Buna, Bu por butadieno y

Na por natrium, el antiguo nombre del sodio. Esta alternativa es sumamente costosa y difícil de producir y además de menor calidad que el caucho natural.

En 1934, Eduard Tschunkur y Erich Konrad deciden cambiar el estireno del caucho sintético Buna-S por un químico más caro, el acronitrilo. Este experimento da como resultado un caucho sintético con ciertas propiedades interesantes como su resistencia a los lubricantes. Esto condujo que la producción de caucho sintético en los EE UU pasara de 60 mil toneladas en 1941 a más de un millón de toneladas en 1945, gracias al Buna-S y Buna-N.

Comparado con el caucho vulcanizado, el caucho no tratado tiene pocas aplicaciones. Se usa en cementos, cintas aislantes, cintas adhesivas, y como aislantes en mantas y zapatos. El caucho vulcanizado tiene muchas aplicaciones. Por su resistencia a la abrasión, el caucho blando se utiliza en los dibujos de los neumáticos de automóviles, en cintas transportadoras; el caucho duro se emplea en fabricar carcasas de equipos de bombeo y tuberías utilizadas para perforaciones con lodos abrasivos.

Por su flexibilidad, se utiliza frecuentemente para fabricar mangueras, neumáticos y rodillos para una amplia variedad de máquinas. Por su elasticidad, se usa en varios tipos de amortiguadores y mecanismos de las carcasas de máquinas para reducir las vibraciones. Al ser relativamente impermeable a los gases, se emplea para fabricar mangueras de aire, globos y colchones. Su resistencia al agua y a la mayoría de los productos químicos líquidos se aprovecha para fabricar ropa impermeable, trajes de buceo, tubos de laboratorio y sondas para la administración de medicamentos, revestimientos de tanques de almacenamiento, máquinas procesadoras y vagones cisterna para trenes. Por su resistencia a la electricidad, el caucho blando se utiliza en materiales aislantes, guantes protectores, zapatos y mantas.

El coeficiente de rozamiento del caucho, alto en superficies secas y bajo en superficies húmedas, se aprovecha para correas de transmisión y cojinetes lubricados con agua en bombas para pozos profundos, etc.

La extensión de las zonas dedicadas al cultivo de caucho tuvo un auge muy importante en el período previo a la segunda guerra mundial, conflicto que generó la destrucción de muchas zonas. Este fenómeno aceleró el desarrollo del caucho sintético en algunos países. En 1990, la producción mundial de caucho superó los 15 millones de toneladas, de las cuales 10 millones fueron de caucho sintético.

Puede llamarse caucho sintético a toda sustancia elaborada artificialmente que se parezca al caucho natural. Se obtiene por reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. Los compuestos básicos del caucho sintético, llamados monómeros, tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes denominadas polímeros. Después de su fabricación, el caucho sintético se vulcaniza.

El origen de la tecnología del caucho sintético se puede situar en 1860, cuando el químico británico Charles Hanson Greville Williams descubrió que el caucho natural era un polímero del monómero isopreno, cuya fórmula química es $\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$. Durante los setenta años siguientes, se trabajó en laboratorio para sintetizar caucho utilizando isopreno como monómero. También se investigaron otros monómeros y durante la I Guerra Mundial, químicos alemanes polimerizaron dimetilbutadieno (de fórmula $\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_3$), y consiguieron sintetizar un caucho llamado caucho de metilo, de pocas aplicaciones.

Hubo que esperar hasta 1930 para que dos químicos, el estadounidense Wallace Hume Carothers y el alemán Hermann Staudinger, investigaran y contribuyeran al descubrimiento de los polímeros como moléculas gigantes, en cadena, compuestas de un gran número de monómeros. Entonces se consiguió sintetizar caucho de monómeros distintos al isopreno.

La investigación iniciada en Estados Unidos durante la II Guerra Mundial condujo a la síntesis de un polímero de isopreno con una composición química idéntica al caucho natural. Se producen varios tipos de

caucho sintético: poliuretano, neopreno, buna, caucho de butilo y otros cauchos especiales como el coroseal y tiocol que se han desarrollado con propiedades específicas.

2.3. Neopreno

Uno de los primeros cauchos sintéticos logrados gracias a la investigación de Carothers fue el neopreno, el polímero del monómero cloropreno de fórmula $\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})\text{CH}=\text{CH}_2$. Las materias primas del cloropreno son el etino y el ácido clorhídrico. El neopreno fue desarrollado en 1931 y es resistente al calor y a productos químicos como aceites y petróleo. Se emplea en tuberías de conducción de petróleo, como aislante en cables y recientemente en la fabricación de apoyos para la construcción, este producto es muy versátil y se emplea en infinidad de productos.

2.4. Buna o caucho artificial

Químicos alemanes sintetizaron en 1935 el primero de una serie de cauchos sintéticos llamados buna o cauchos buna, obtenidos por copolimerización, que consiste en la polimerización de dos monómeros denominados comonómeros. La palabra buna se deriva de las letras iniciales de butadieno, uno de los comonómeros y natrium (sodio) empleado como catalizador. En la buna N, el otro comonómero es el propenoniotrio ($\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CN})$), que se produce a partir del ácido cianhídrico. La buna N es muy útil en aquellos casos en los que se requiere resistencia a la acción de aceites y a la abrasión. También se obtiene caucho industrialmente por copolimerización de butadieno y estireno (buna S).

Aunque no es tan flexible como el caucho natural y otros sintéticos, es muy resistente a la oxidación y a la acción de productos corrosivos. Debido a su baja permeabilidad a los gases, se utiliza en las cámaras interiores de los neumáticos.

2.5. Otros cauchos especiales

Se han desarrollado numerosos tipos de cauchos con propiedades específicas para aplicaciones y usos especiales. Uno de estos cauchos especiales es el coroseal, un polímero de cloruro de vinilo (CH_2CHCl). Estos polímeros son resistentes al calor, la corrosión y la electricidad y no se deterioran por la acción de la luz ni por un almacenamiento prolongado. El coroseal no se puede vulcanizar, pero mientras no se le someta a altas temperaturas, se muestra más resistente a la abrasión que el caucho natural o el cuero.

Otro tipo de caucho especial es el tiocol, que se obtiene por copolimerización de dicloruro de etileno ($\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$) y tetrasulfuro de sodio (Na_2S_4). Puede trabajarse y vulcanizarse como el caucho natural y es resistente a la acción de los aceites y los disolventes orgánicos usados en barnices, se emplea en aislamientos eléctricos pues no se deteriora con luz ni electricidad.

Muchos otros tipos de caucho sintético se producen con métodos similares a los antes descritos. La introducción de algunos cambios en los procesos de polimerización ha mejorado la calidad de los productos y abaratado costos. Unos de los mayores avances ha sido la utilización del petróleo como aditivo, bajando los costos al poder conservar grandes cantidades de caucho sintético almacenado. Gracias a ello se ha conseguido fabricar neumáticos de larga duración.

2.6. Características del caucho

Existe una gran variedad de apoyos de neoprenos, con distintas características. Las funciones de los apoyos, además de transferir las fuerzas de la superestructura a la subestructura, son las de disipar y aislar los desplazamientos de traslación y rotación debidos a expansión térmica, contracción, deflexión en miembros estructurales, cargas dinámicas y vibraciones entre otros. También establecen un vínculo entre el tablero del puente y la subestructura (pilas y estribos). El neopreno por su alta eficiencia para disipar los movimientos de traslación y rotación, se ha adoptado como una solución de aislamiento sísmico.

Estos apoyos se fabrican con materiales de caucho natural o sintético y con características de resistencia y flexibilidad que le permiten combinar rigidez y amortiguamiento en el mismo elemento. Están constituidos en esencia por un bloque de elastómero formado por varias capas de elastómero, vulcanizadas de una sola pieza y firmemente adheridas a ella, unas placas de acero como refuerzo. La palabra elastómero es un término genérico para los materiales sintéticos similares al caucho natural.

El componente del apoyo de neopreno es:

- a) Policloropreno (neopreno virgen)
- b) Polisopreno natural (caucho natural)

Las ventajas del neopreno respecto al caucho natural son su mejor comportamiento a baja temperatura, mayor resistencia a la acción del ozono y menor deterioro bajo condiciones ambientales. Aunque hay apoyos de neopreno sencillos sin placas metálicas intercaladas (placas de neopreno), los más utilizados son los laminados conformados por varias placas de neopreno y acero estructural (como refuerzo interno) que se intercalan y vulcanizan entre sí.

La inclusión de refuerzo incrementa el amortiguamiento histerético, permite lograr una rigidez vertical alta, ya que las placas de acero disminuyen el efecto de pandeo en las caras laterales del elastómero, con lo cual es posible apoyar cargas estáticas de magnitud importante con una deflexión mínima (Figura 2.1).

Un dato de gran relevancia para el diseño de los dispositivos de apoyo integral de neopreno es el módulo de elasticidad transversal (G) de la goma o elastómero, que de acuerdo con el esquema de la Figura 2.1, relaciona las fuerzas horizontales aplicadas al apoyo con los movimientos horizontales del mismo, según los conceptos clásicos de la Resistencia de Materiales. El valor de G para acciones lentas suele estar comprendido entre 0,66 y 2,07 MPa (AASHTO 14.7)

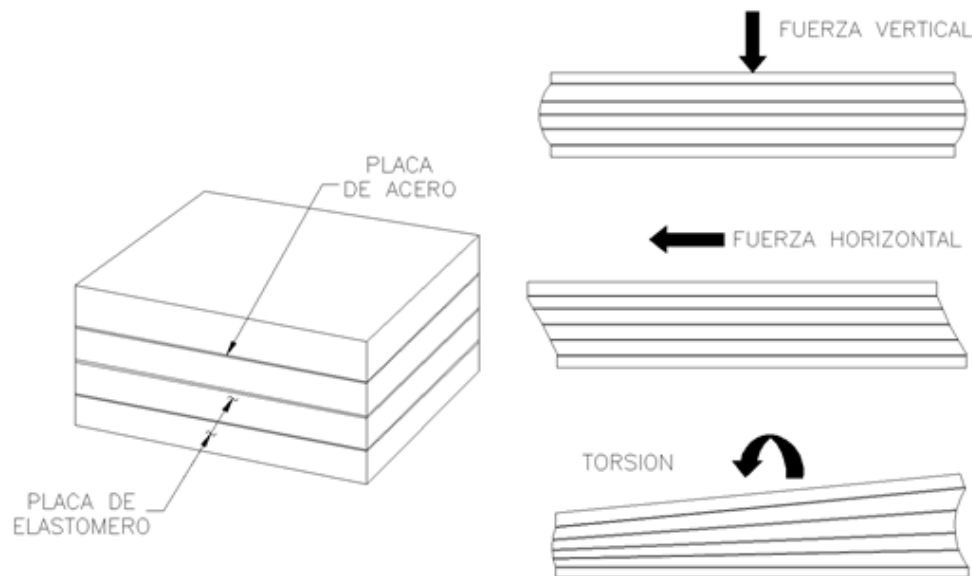


Figura 2.1 Comportamiento de apoyo integral de neopreno.

2.7. Composición de los cauchos

El compuesto del caucho natural más simple es el isopreno o 2-metilbutadieno cuya fórmula es C_5H_8 . Es blando a temperatura ambiente de 25 °C, y a temperaturas bajo cero, el caucho es sólido transparente. De 0 a 10 °C, es frágil y opaco. Al amasarlo mecánicamente o al calentarlo por encima de los 50 °C, el caucho adquiere textura pegajosa. A temperaturas superiores a los 200 °C, el caucho se descompone.

Los aditivos son una parte importante en la fabricación, ya que aumentan la eficiencia y rendimiento del caucho al modificar sus propiedades primarias. Muchos aditivos tienen múltiples funciones y su número ha aumentado significativamente a través de los años, por ejemplo hay aditivos que al ser mezclado con el caucho hace que se estire pero manteniendo la capacidad de ser blando. Todo aditivo que se agrega en la mezcla debe ser controlado minuciosamente porque dependiendo del uso que se le va a dar al caucho cambia la cantidad de aditivos. Por esta razón, se ha vuelto más importante hacer una correcta selección del producto natural como de los aditivos. La gran demanda que tiene el caucho ha hecho que se encuentren otros aditivos, para mejorar las características del producto.

En la actualidad existen sustancias bien definidas y fórmulas específicas de cada fábrica de neoprenos. En lugar de ver los aditivos como ayudas sólo cuando un compuesto causa dificultad, en la actualidad son tomados en cuenta por el formulador o la fábrica.

La mayoría de los aditivos tienen la facultad de facilitar que la mezcla de los polímeros sea homogénea y la unión sea rápida con otros materiales del producto en el molino abierto y otros aditivos ayudan con la aceleración del proceso. En la medida de lo posible, hay que tener en cuenta la pegajosidad del compuesto que debe ser controlada, se debe evitar una pegajosidad excesiva en las máquinas. En este proceso se colorea la goma por ejemplo se añade aceite plastificante (Figuras 2.2 a 2.4).

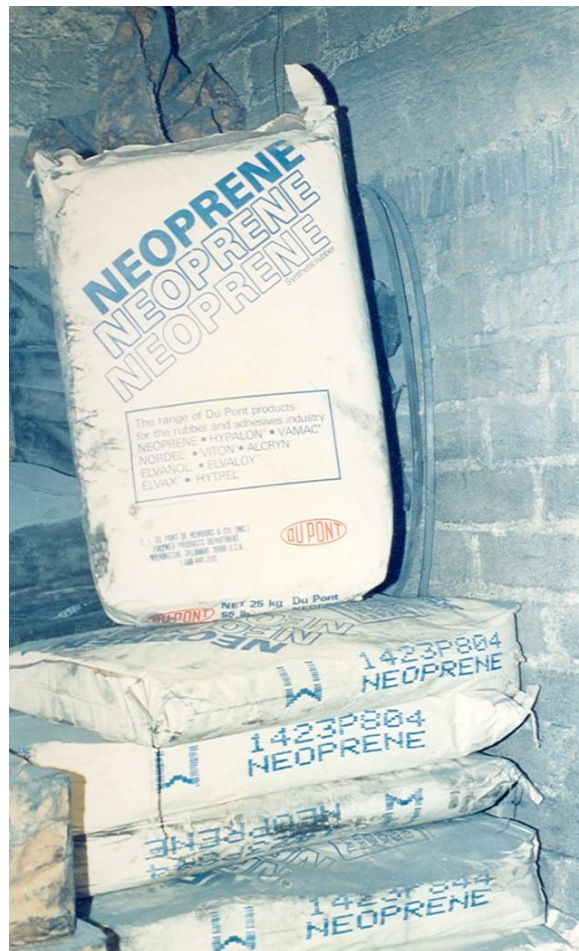


Figura 2.2 Ingredientes para la elaboración del neopreno crudo.

La viscosidad del compuesto debe disminuirse y debe ser tal que sea posible un mezclado eficiente en energía a bajas temperaturas. Se mantendrá la distribución uniforme y la dispersión óptima de todos los compuestos.

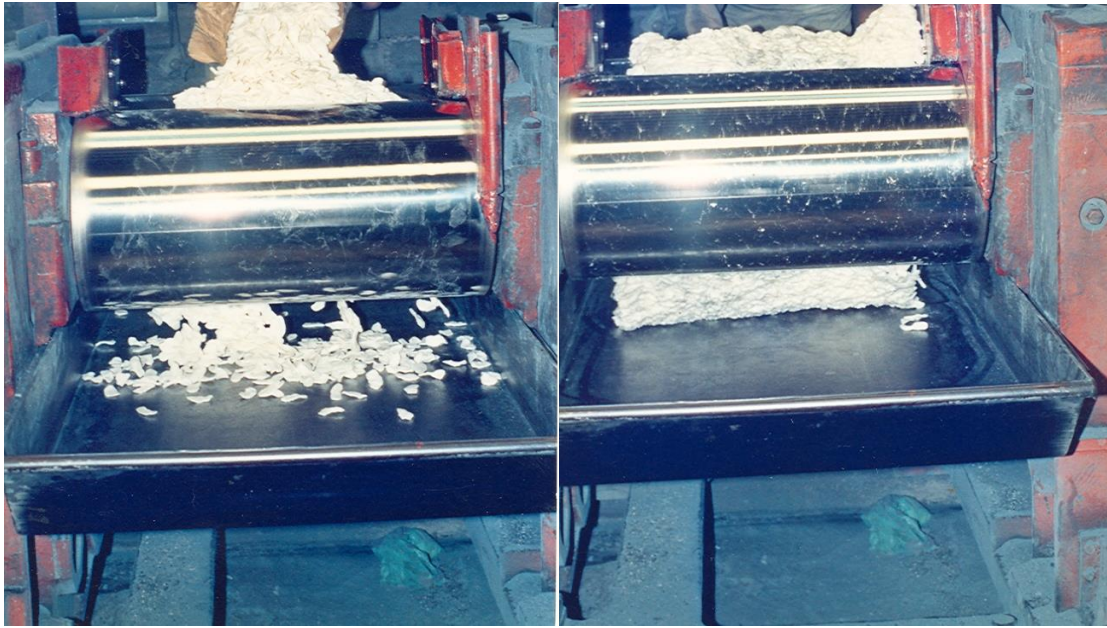


Figura 2.3 Amasado de las hojuelas de neopreno hasta lograr la fusión de éstas.



Figura 2.4 Preparación de la carga compuesta de caolín, negro de humo y aceites.

2.8. El Negro de Humo

Es un producto derivado del negro de carbón, que ayuda a la resistencia de la goma. Este aditivo ayuda para dar dureza al producto final y aumentan la rigidez de las gomas y disminuye el alargamiento en la rotura (Figura 2.5).

Es la carga por excelencia en la industria del caucho, consta de finísimas partículas de carbón, obtenidas por combustión parcial de gas natural o de aceites de petróleo, por consiguiente ayuda a obtener mejores resultados con resistencia a la tracción, al desgarre y a la abrasión. Es común que las empresas empleen el negro de humo como material de relleno en un 90% principalmente en la fabricación de neumáticos.



Figura 2.5 Negro de humo para la elaboración del neopreno crudo.

2.9. El aceite parafínico

Es un lubricante que ayuda con efectos positivos en el procesamiento de la vulcanización, incorporación de la carga más rápida, mejor dispersión, menor temperatura de descarga, viscosidad reducida, despegue mejorado en el molde no deja sustancia que afecte los demás compuestos y un despegue del prototipo rápido.

2.10. El aceite esteárico

Es un aditivo que actúa como lubricante más que homogenizante. Se dispersa fácilmente actuando también como agente dispersante, lubricante interno y fundamentalmente como activador de los acelerantes de vulcanización en el curado reduciendo la pegajosidad del caucho, se encuentra en grasas vegetales y animales.

2.11. El óxido de zinc

Compuesto químico (ZnO) que se consigue en polvo de partícula fina de color blanco y alta reactividad para ser usado en caucho y látex. El óxido de zinc es el más importante activador inorgánico que actúa sobre los acelerantes orgánicos. Su alta pureza hace que sea usado como reforzante, acelerador y activador en el proceso de vulcanización. Su baja absorción de humedad lo hace apto para compuestos de caucho en uso eléctrico. Da un mínimo de opacidad en cauchos translúcidos y en látex tiene una excelente dispersión, permite lograr mejores estados de cura, actúa como reserva para neutralizar los productos de descomposición del azufre.

2.12. El Azufre

Es un elemento químico de color amarillento no metálico (Figura 2.6), se encuentra fácilmente en regiones volcánicas combinados en forma de sulfuros. Es el principal agente vulcanizante, su presentación viene en sacos de 25 kg (55 lb) en polvo de azufre, el cual amasándolo o mezclándolo bien con el caucho y calentándolo a una temperatura superior a 100 °C, se combina químicamente y el efecto principal del azufre es la aceleración en la cura del caucho y el producto resultante tiene propiedades interesantes como las siguientes:

- No se deforma por el calor,
- No es quebradizo en frío,
- Y no es pegajoso



Figura 2.6 Azufre, ingrediente para la elaboración del neopreno crudo.

En las Figuras 2.7 y 2.8, se presenta el proceso de amasado y fabricación del neopreno crudo, empleado para la elaboración de placas de neopreno y apoyos integrales de neopreno.



Figura 2.7 Incorporación de la carga y aplicación del proceso de amasado.



Figura 2.8 Proceso de amasado de todos los ingredientes incorporados y obtención del neopreno crudo.

El proceso de elaboración de placas integrales de neopreno se muestra en las Figuras 2.9 a 2.11.



Figura 2.9 Preparación de las placas de acero intermedias y el molde.

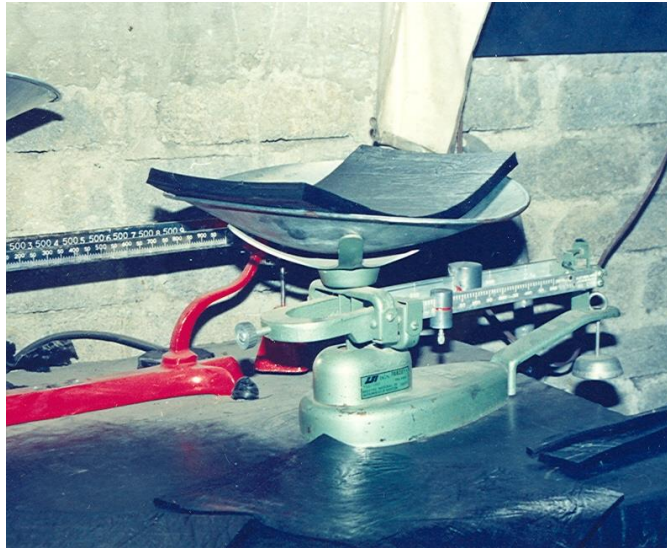


Figura 2.10 Pesado de las capas de neopreno.



Figura 2.11 Colocación de las capas de neopreno y las placas de acero en el molde para formar el apoyo integral.

2.13. Vulcanización

El proceso de vulcanización se lleva a cabo en el interior de una cámara a una temperatura de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, dependiendo del producto que se requiere distribuir. El proceso puede durar desde unos minutos hasta varias horas durante el cual se agrega azufre en el proceso de acelerado que reacciona con el calor generado dentro de la cámara y le confiere ciertas propiedades a la mezcla cambiando así sus características principales, controlando siempre la temperatura de la cámara (Figuras 2.12 a 2.15).

Después se verifican las medidas del prototipo y el estado de cocción del mismo, si se presenta alguna deficiencia se avisa al encargado de la extrusora para que tome las medidas respectivas para corregir el defecto en caso de que el problema sea de forma o de dimensiones. Si el vulcanizado del prototipo sale bien, se lleva adonde se enfríe y se pueda manipular más fácilmente. Se realiza una inspección del pegado de las platinas y se aplica un poco de fuerza para ver qué tan resistentes quedaron y en caso de que el pegado haya quedado mal o se note que se empieza a despegar, se pegan nuevamente las platinas en la prensa y quede listo el prototipo (Figura 2.16).



Figura 2.12 Equipo de vulcanización.

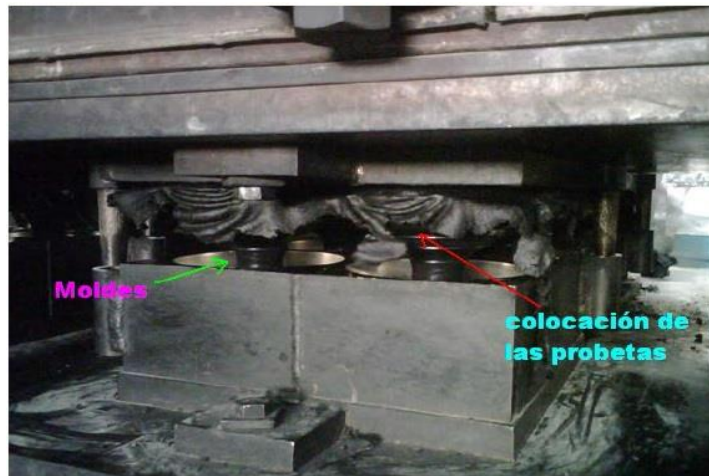


Figura 2.13 Proceso de vulcanización.

2.14. Aceleradores de la vulcanización

Son sustancias que añadidas en cantidades pequeñas a la mezcla de caucho aumentan considerablemente la rapidez de vulcanización, a la vez que mejoran notablemente la calidad del producto y disminuyen la cantidad de azufre empleada.

2.15. Activadores y retardantes

Es una sustancia que retarda el comienzo de la vulcanización, no afecta el curso subsiguiente de la vulcanización y ayuda a que los acelerantes ejerzan por completo su efecto. Un retardante verdaderamente eficaz debe aumentar el tiempo requerido para el comienzo de la vulcanización (dependiendo de la temperatura), pero no debe retardar la velocidad de vulcanización.

Un agente vulcanizador es aquel que efectúa la vulcanización después de ser expuesto a temperatura conveniente. Este agente vulcanizador deber ser soluble en el caucho o estar dividido en partículas finas para que pueda dispersarse con facilidad y uniformidad en el caucho.



Figura 2.14 Vulcanización de los apoyos integrales de neopreno mediante calor y presión.

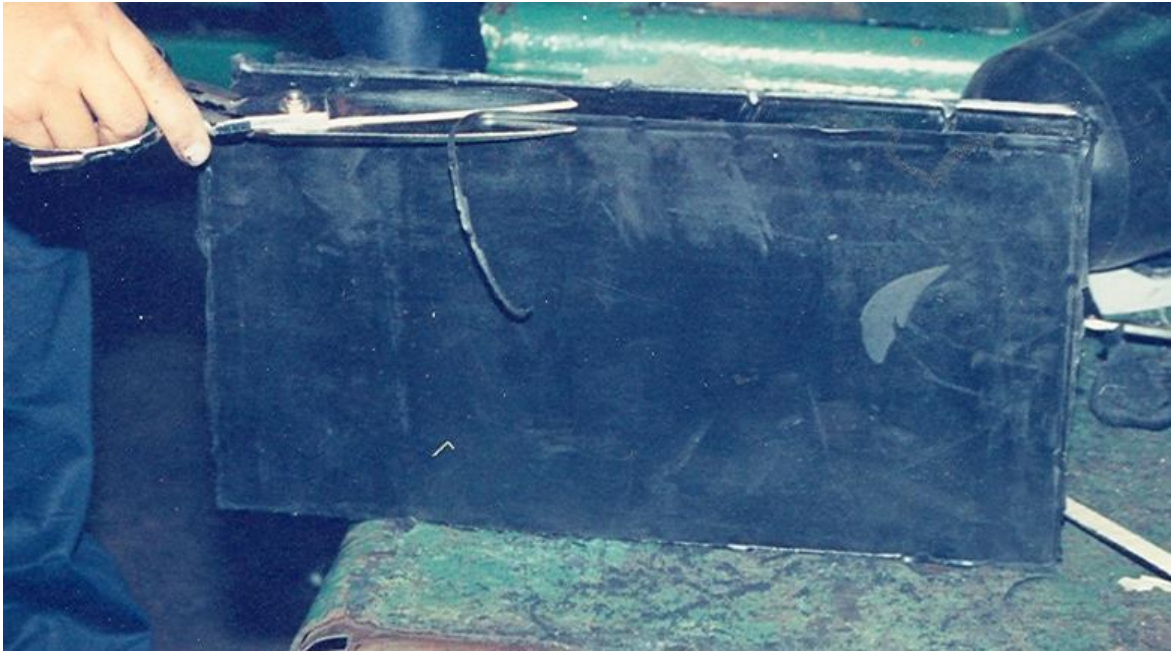


Figura 2.15 Limpieza de los apoyos de neopreno terminados.



Figura 2.16 Verificación de medidas.

2.16. Control de calidad

Es un proceso sistematizado empleado para controlar la calidad de un producto en una línea de producción, en el entendido de que la calidad de este producto se establece con parámetros, tales como dimensión, masa, resistencia, tiempo, temperatura, la combinación de al menos dos de ellos, o cualquier otro, que permitan que éste cumpla con la función para la que ha sido proyectado. La finalidad de ejercer el control durante la producción es para tener la posibilidad de ajustar y corregir desviaciones que puedan presentarse durante el proceso de fabricación. Todo proceso, en sus inicios requiere de una estricta vigilancia hasta llegar a establecer las proporciones del producto deseado, para ello también debe establecer el número de muestras a evaluar y la frecuencia de muestreo a fin de obtener resultados confiables; a mayor desviación mayor tamaño de muestra y frecuencia de muestreo. Es por ello que el control de calidad le corresponde al productor debido a que es el que tiene la oportunidad de detectar las desviaciones y realizar los ajustes necesarios y oportunos para su corrección.

En la fabricación de las placas y apoyos integrales de neopreno, en principio se determina la formulación con los componentes que intervienen en la fabricación del neopreno en las proporciones deseadas para que éste cumpla con una determinada función, para lo cual se elaboran muestras pequeñas con distintas proporciones de estos componentes hasta encontrar la formulación deseada. La elaboración de las muestras consiste en la incorporación de todos los componentes en un proceso de amasado mediante un molino de rodillos, con lo cual se obtiene una pasta denominada neopreno crudo que posteriormente es sometida a un proceso de vulcanización mediante presión y calor para obtener las láminas de neopreno vulcanizado de entre 1,5 y 3mm de espesor. El tiempo y temperatura de vulcanización se determina con el reómetro, Figura 2.17. Estas láminas se emplean en la fabricación de las probetas para las pruebas de tensión y alargamiento, desgarramiento y envejecimiento acelerado, así como la prueba de dureza Shore “A”. De la misma manera se vulcaniza el neopreno para los botones para las pruebas de deformación permanente por compresión y las probetas para la resistencia al ozono y algunas otras pruebas especiales para prever funciones específicas de apoyos.

La verificación de calidad es un proceso empleado principalmente para aceptación de un producto, evaluación del proceso de control de calidad por un tercero o por el mismo fabricante, en el almacén de la planta o en el almacenamiento de obra y en el otro caso, en la línea de producción. El contenido de esta Guía se refiere principalmente a la verificación de calidad.



Figura 2.17 Reómetro para determinar tiempo y temperatura de vulcanización.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS REGLAMENTARIOS

CAPÍTULO 3

ASPECTOS REGLAMENTARIOS

En México la normativa existente es la de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la norma N-CMT-2-08/04, "PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO". En esta norma se presentan la descripción, características, requisitos y especificaciones que deben cumplir las placas de neopreno y los apoyos integrales de neopreno para uso en obras de infraestructura, principalmente puentes.

3.1. Disposiciones para el neopreno vulcanizado

3.1.1. Características químicas del neopreno

El componente elastomérico usado en la fabricación de placas y apoyos integrales de neopreno, puede ser policloropreno (neopreno virgen), resistente a la cristalización o polisopreno natural virgen (hule natural) como el polímero crudo. Todos los materiales serán nuevos y no se aceptará material reciclado incorporado en la fabricación de las placas y apoyos integrales.

La flama que genera la combustión del neopreno, en su punto de ignición, será autoextinguible en un tiempo máximo de cinco (5) segundos. La ignición del neopreno, se produce aplicando la flama de un mechero a un tramo de neopreno de cinco (5) centímetros de largo con una rea de cero coma cero seis (0,06) centímetros cuadrados como mínimo. Se aplicarán a una muestra por cada lote de material o por cada lote de placas o apoyos de neopreno.

3.1.2. Características físicas del neopreno

El elastómero empleado en la fabricación de placas y apoyos integrales de neopreno, cumplirá con los siguientes requisitos físicos.

3.1.2.1. Dureza

La dureza Shore "A" del elastómero, será Grado cincuenta (50), sesenta (60) o setenta (70), según lo indique el proyecto, con una tolerancia de más menos cinco (± 5).

3.1.2.2. Resistencia a la tensión

La resistencia a la ruptura del elastómero, será de 160 kg/cm², (15,69 MPa) como mínimo, y alargamiento de ruptura de acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Dureza Shore A y alargamiento en elastómeros.

Dureza Shore "A", Grado	Alargamiento, %, mínimo
50	400
60	350
70	300

3.1.2.3. Desgarramiento

La resistencia al desgarramiento del elastómero, será como mínimo lo indicado en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Resistencia al alargamiento de elastómeros.

Dureza shore "A", Grado	Resistencia al desgarramiento, MPa (kg/cm ²)
50	5,00 (51)
60	4,51 (46)
70	4,02 (41)

3.1.2.4. Envejecimiento acelerado

El elastómero no sufrirá alteraciones excesivas después de ser sometido a un proceso de envejecimiento acelerado en un horno a una temperatura de 100 grados Celsius durante 70 horas.

Las variaciones en las características iniciales del neopreno, no excederán los siguientes valores:

- a) La pérdida de resistencia a la ruptura, no será mayor de 15 por ciento.
- b) La pérdida de alargamiento a la ruptura, no será mayor de 40 por ciento.
- c) La pérdida de Dureza Shore “A”, no será mayor de 15 grados.

3.1.2.5. Deformación permanente por compresión

La deformación permanente del neopreno sometido a una temperatura de 100 grados Celsius durante 22 horas, no será mayor del 25 por ciento de la deformación original provocada en la probeta.

3.1.2.6. Resistencia al ozono

El elastómero no presentará grietas después de ser expuesto a la acción del ozono con una concentración de 100 PPCM (partes por cien millones) en volumen, sometiendo el espécimen a un esfuerzo de tensión que produzca un alargamiento de 20 por ciento de su longitud inicial, a una temperatura de 38 ± 1 grados Celsius, durante 100 horas.

3.2. Disposiciones para placas de neopreno

3.2.1. Características físicas de placas de neopreno

Son elementos generalmente en forma de prisma rectangular o de forma circular, constituidos por una capa de elastómero vulcanizados en moldes bajo presión y calor.

3.2.1.1. Acabado

Las placas no mostrarán rajaduras, incrustaciones de material contaminante o forma de laja, ni tendrán grasa o cualquier otro material que altere sus propiedades mecánicas. La verificación del acabado se realizará en la totalidad de las placas de cada lote.

3.2.1.2. Dimensiones

Los lados de la superficie de carga de las placas de neopreno, cumplirán con las dimensiones especificadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, con una tolerancia de 3 mm en más y de 1 mm en menos.

- a) El espesor de las placas de neopreno será el especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, pero nunca menor de 12,7 mm, ni mayor de 25,4 mm, con una tolerancia de ± 5 por ciento del espesor promedio de las placas que formen un lote.
- b) El espesor promedio de las placas que formen un lote, tendrá una tolerancia ± 25 por ciento del espesor especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el Párrafo anterior.
- c) La diferencia entre los espesores máximo y mínimo de cada placa, será como máximo de 10 por ciento respecto al espesor máximo, calculada con la siguiente expresión:

$$S = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max}} \times 100$$

Donde:

S = Diferencia de espesores, %

E_{max} = Espesor máximo de la placa, (mm)

E_{min} = Espesor mínimo de la placa, (mm)

El factor de forma de las placas de neopreno, definido como la relación entre una superficie de carga y el área lateral, será el especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría y se calculará con la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{ab}{2(a+b)e}$$

Donde:

F_f = Factor de forma de la placa, adimensional

a y b = Lados de la superficie de carga, (mm)

e = espesor de la placa, (mm)

La verificación de las dimensiones de las placas, se hará en dos piezas de cada tamaño y por cada obra.

3.2.1.3. Dureza

Las placas de neopreno cumplirán con los valores de dureza Shore “A” indicados en el Inciso 3.1.2.1. de esta Guía. La verificación de la dureza se realizará en la totalidad de las placas de cada lote.

3.2.1.4. Compresibilidad

a) La deformación unitaria de las placas de neopreno, será de 15 por ciento como máximo. La verificación de la deformación unitaria se realizará en la totalidad de las placas de cada lote.

b) No se aceptará ninguna placa cuya deformación unitaria en la prueba de compresibilidad, sea mayor de 115 por ciento o menor de 85 por ciento de la deformación unitaria promedio obtenida en el lote al que pertenece.

3.3. Disposiciones para apoyos integrales de neopreno

3.3.1. Características del acero

El acero estructural que se utilice en la fabricación de apoyos integrales de neopreno cumplirá con los siguientes requisitos:

a) El espesor de las placas de acero será de 2,4 mm como mínimo.

b) La resistencia a la tensión y el alargamiento del acero, cumplirán con los valores indicados en la Tabla 3.3 de esta Norma.

c) El acero cumplirá con la prueba de doblado. Las probetas se doblarán en frío, a ciento ochenta (180) grados, alrededor de un mandril con un diámetro igual a la mitad del espesor de la placa, sin que se agriete en la cara exterior de la porción doblada.

Tabla 3.3 Requisitos de resistencia a la tensión y alargamiento del acero estructural para apoyos integrales de neopreno.

Característica	Requisitos
Esfuerzo máximo de tensión, MPa (kg/cm ²)	400 a 550 (4076 a 5605)
Límite elástico mínimo, MPa (kg/cm ²)	250 (2548)
Alargamiento mínimo en 200 mm, %	20
Alargamiento mínimo en 50 mm, %	23

d) El acero cumplirá con todos los demás requisitos que correspondan, establecidos en la Norma N·CMT·2·03·003, Acero Estructural.

3.3.2. Características físicas de apoyos integrales de neopreno

Son elementos en forma de prisma rectangular o de forma circular, fabricados con varias capas de elastómero, vulcanizados de una sola pieza, con placas de acero estructural intercaladas como refuerzo.

3.3.2.1. Fabricación

a) Los apoyos integrales se fabricarán con una o más capas de neopreno separadas por placas de acero estructural como refuerzo. El elastómero cubrirá las placas de acero en un molde, bajo presión y calor, y estarán completamente adheridas por vulcanización en todas sus superficies.

b) Cuando se requieran placas de carga externas, éstas serán vulcanizadas en la fábrica durante el proceso primario de moldeo.

c) Los moldes que se utilicen para producir los apoyos integrales se fabricarán con una buena práctica de maquinado en taller.

d) Cada apoyo integral que se fabrique, tendrá una identificación marcada en uno de los costados, en forma legible, clara, indeleble e irrepetible, que sea visible una vez que el apoyo haya sido colocado en la obra y que indique como mínimo los siguientes datos:

- Símbolo o marca del fabricante.
- Símbolo o la leyenda “Hecho en México”.
- Fecha de Producción incluyendo el año, número de apoyo integral y lote al que pertenece.

3.3.2.2. Acabados

Los apoyos integrales no mostrarán rajaduras, incrustaciones de material contaminante o forma de laja, ni tendrán grasa o cualquier otro material que altere sus propiedades mecánicas. La verificación del acabado se realizará en la totalidad de los apoyos integrales de cada lote.

3.3.2.3. Dimensiones

a) La longitud y el ancho de los apoyos integrales cumplirán con las dimensiones especificadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, con una tolerancia de ± 1 por ciento.

b) El espesor promedio de un apoyo integral será igual al espesor nominal especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con la tolerancia que se indica en la Tabla 3.4 de esta Norma.

Tabla 3.4 Tolerancia en los espesores de los apoyos integrales de neopreno.

Espesor nominal (h)	Tolerancia (mm)
$h \leq 13$	+ 0,8
$13 < h \leq 25$	+ 1,5
$25 < h \leq 70$	+ 2,0
$70 < h$	+ 3,0

c) El promedio de los espesores de las capas interiores de elastómero, medidos como se ilustra en la Figura 3.1 de esta Guía, será igual al espesor especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con una tolerancia de ± 7 por ciento.

d) El factor de forma del apoyo de neopreno integral, será el especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría y se calculará con la siguiente expresión, empleando las dimensiones reales de las placas de acero que constituyen el refuerzo interno:

$$F_f = \frac{a' b'}{2 (a' + b') e_m}$$

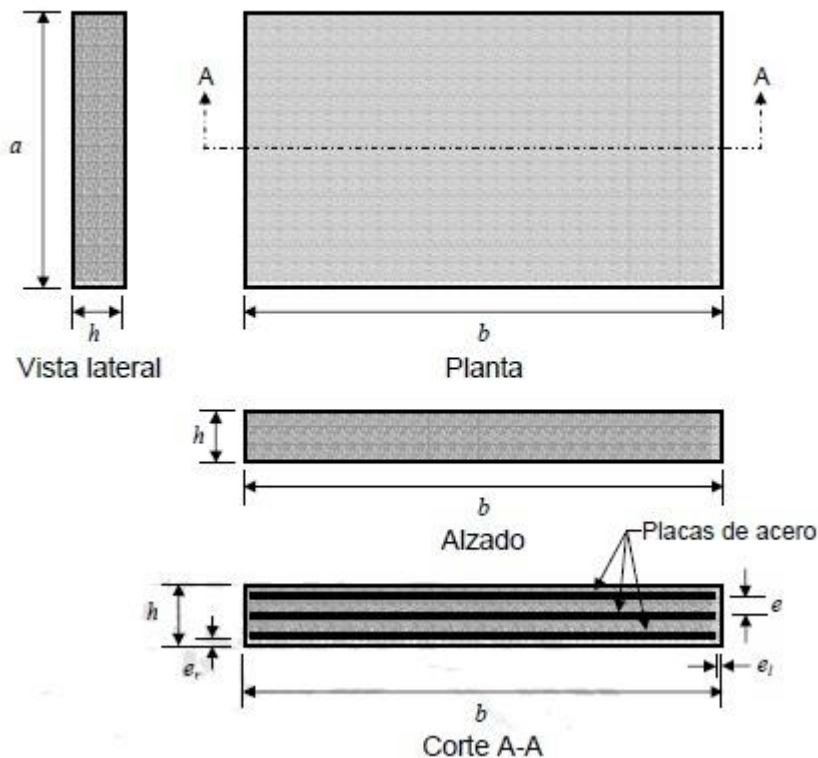
Donde:

F_f =factor de forma del apoyo, adimensional

a' = ancho de las placas de acero ($a - 2e_l$), (mm)

b' =largo de las placas de acero ($b - 2e_l$), (mm)

e_m =espesor promedio de la(s) capa(s) de neopreno,(mm)



h = espesor del apoyo integral, (mm)

a y b = lados de la superficie de carga, (mm)

e = espesor de las placas de neopreno, (mm)

e_r = espesor del recubrimiento, (mm)

e_l = espesor de la cubierta lateral, (mm)

Figura 3.1 Dimensiones de los apoyos integrales de neopreno.

e) Si el factor de forma de todas las capas de neopreno del apoyo integral es menor de 12, el espesor efectivo de neopreno para calcular su deformación, será igual a la altura total del apoyo, menos el espesor total del refuerzo interno. Para apoyos que puedan tener capas con factores de forma que excedan de 12, el

espesor efectivo de neopreno será igual a la altura total del apoyo menos el espesor total del refuerzo interno, menos el espesor de las capas con factores de forma mayor o igual que 12.

f) Para apoyos rectangulares la relación longitud nominal/espesor efectivo de neopreno, será igual que 3 o mayor,

g) Para apoyos rectangulares la relación ancho nominal/espesor efectivo de neopreno, será igual que 2 o mayor.

h) Para apoyos circulares, la relación diámetro nominal/2 veces el espesor efectivo de neopreno, será igual que 2 o mayor.

i) Los detalles del refuerzo interno nominal tendrán una tolerancia de más $\pm 1,5$ mm con relación a los extremos del refuerzo interno o de uno con otro. Los detalles internos por sí mismos, específicamente hoyos o ranuras, tendrán una tolerancia de $+1,5$ mm.

j) Se verificará el paralelismo del refuerzo interno midiendo la distancia desde la base del apoyo hasta la base de cada placa de refuerzo en cuatro puntos alrededor del apoyo. Estas mediciones se tomarán en cada una de las caras laterales. La diferencia entre la mayor y la menor de estas cuatro mediciones será registrada para cada placa de refuerzo. El total acumulado de estas diferencias en cada apoyo no excederá del 25 por ciento del espesor efectivo de neopreno de diseño.

k) El espesor del elastómero en la tapa y la base del apoyo integral, es decir, el recubrimiento, será de 3 a 5 mm. Cuando se requieran placas de carga externas, el espesor de neopreno entre éstas y el refuerzo interno, será igual al espesor entre las placas del refuerzo interno.

l) El espesor de la capa de neopreno que cubra las caras laterales de los apoyos integrales, es decir, la cubierta lateral, será de 3 a 4 mm, integrado con el apoyo. Se requerirá cubierta de neopreno en los detalles de las placas de acero internas que estén expuestas a la humedad después de la colocación en la obra, específicamente en los barrenos verticales cubiertos por sellos de apoyo o bridas.

m) La verificación de las dimensiones de los apoyos integrales se hará en dos piezas de cada tamaño y por cada obra.

3.3.2.4. Dureza

Los apoyos integrales de neopreno cumplirán con los valores de dureza Shore “A” indicados en el Inciso 3.1.2.1. de esta Guía. La verificación de la dureza se realizará en la totalidad de los apoyos integrales de cada lote.

3.3.2.5. Compresibilidad

a) La deformación unitaria de los apoyos integrales, no será mayor del 8 por ciento de su espesor, bajo el esfuerzo de proyecto. La verificación de la deformación unitaria se realizará en la totalidad de los apoyos integrales de cada lote.

b) No se aceptará ningún apoyo cuya deformación unitaria en la prueba de compresibilidad, sea mayor de 115 por ciento o menor de 85 por ciento de la deformación unitaria promedio obtenida en el lote al que pertenece.

3.3.2.6. Resistencia a la ruptura en compresión

La resistencia a la ruptura en compresión de un apoyo integral por cada lote, será como mínimo 6 veces el esfuerzo de proyecto. Todos los esfuerzos de compresión se calcularán considerando el área neta nominal del refuerzo interno.

3.3.2.7. Resistencia a la compresión combinada con esfuerzo cortante (módulo G)

El promedio de los valores del módulo G, determinados en dos apoyos integrales de un mismo lote, y calculando los esfuerzos cortantes sobre el área neta nominal del elastómero, no excederá en ± 15 por ciento del valor de proyecto. Esta prueba se realizará a petición del proyectista, solamente para calificar un proyecto en particular; no es una prueba de control.

3.4. Transporte y almacenamiento

a) Las placas o los apoyos integrales de neopreno serán protegidos contra golpes y maltratos durante su manejo, transporte y almacenamiento.

b) Cuando sea necesario el envío de las placas o de los apoyos integrales a través de un medio especializado de transporte, se recomienda formar paquetes, cuyo peso no exceda de 490,5 N (50 kg).

3.5. Requisitos para aceptación o rechazo

La aceptación de las placas y apoyos integrales de neopreno por parte de la Secretaría, se hará considerando lo siguiente:

a) Para que las placas y apoyos integrales de neopreno sean aceptados por la Secretaría, antes de su utilización, el Contratista de Obra o el proveedor cuando se trate de obra por administración directa, entregará a la Secretaría un certificado de calidad por cada lote o suministro, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, o los especificados en forma especial en el proyecto, expedido por su laboratorio o por un laboratorio externo, aprobados por la Secretaría.

b) Con objeto de controlar la calidad de las placas y apoyos integrales de neopreno, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en el número establecido en esta Norma o en el proyecto autorizado por la Secretaría, que verifiquen que se cumpla con los valores establecidos en esta Norma o los fijados especialmente por el proyecto, entregando a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.

c) Si una placa o un apoyo integral de neopreno no cumple satisfactoriamente con los requisitos de acabado, dureza o deformación, será rechazado y sustituido por otro que cumpla con esos requisitos.

d) Si una placa o un apoyo de neopreno no cumple con los requisitos de dimensión o de flama, se probará una nueva muestra de igual tamaño que la inicial, cuyos resultados cumplirán los requisitos de esta Norma, en caso contrario el lote completo será rechazado.

e) En cualquier momento la Secretaría puede verificar que las placas y apoyos integrales de neopreno suministrados, cumplan con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma o los fijados especialmente para el proyecto, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

3.6. ASTM D4014-03 (Reaprobada 2007) Especificación estándar para placas y apoyos integrales de neopreno para puentes

Esta especificación ASTM cubre los aspectos de apoyos que consisten de todas las placas de neopreno (elastómeros) o de neopreno integral (elastómeros con láminas de acero alternadas) cuya función es la de transferir las cargas o tomar los movimientos relativos entre la superestructura de un puente y su estructura que la soporta o ambos.

En la especificación se establecen los documentos de referencia (Estándares de la ASTM) relativos a las pruebas que deberán realizarse a los neoprenos y neoprenos integrales.

Los apoyos que deberán suministrarse serán de alguno(s) de los cuatro tipos y que se muestran en la Figura 1.4 de esta Guía.

- Apoyo de placa de neopreno
- Apoyo tipo sándwich
- Apoyo de neopreno integral (con láminas intercaladas de acero)
- Apoyo de neopreno con placas externas de carga

La especificación indica que los apoyos de neopreno deberán ser fabricados en dos tipos sean del tipo CR Hule de cloropreno o tipo NR Hule natural. En caso de que no se especifique alguno de ellos, el fabricante deberá producir alguno de los dos.

La fabricación de los apoyos de neopreno será de cuatro tipos de grados con propiedades de baja temperatura, es decir:

- Grado 0 – Deseable para uso continuo debajo de 5 °C
- Grado 2 – Para temperaturas debajo de cero que se presentan en la noche y ocasionalmente persisten para no más de dos días.
- Grado 3 – Al igual que el Grado 2, pero para periodos ocasionales superior a dos semanas continuamente bajo cero, y
- Grado 5 – Para temperaturas debajo de -40 °C, durante varios meses del año o superiores a dos meses en forma continua por debajo de -15 °C.

Cuando no se especifique ningún Grado, se utilizará el Grado 0.

En lo que respecta a las dimensiones y variaciones permitidas, la especificación establece que todos los tipos de apoyo de neopreno tendrán un espesor uniforme a menos que se indique lo contrario en las especificaciones del contrato o solicitud de adquisición.

Todas las láminas de refuerzo de acero en los apoyos de neopreno tendrán un espesor uniforme, a menos que el contrato de adquisición indique lo contrario.

El espesor mínimo de las láminas de acero de refuerzo será de 1,5 mm (0,060 pulgadas) cuando la dimensión mayor de la longitud o ancho de apoyos rectangulares o el diámetro en apoyos circulares sea menor de 450 mm o 18 pulgadas. En todos los otros casos, el espesor mínimo será de 2 mm (0,075 pulgadas).

Las tolerancias permitidas en las placas de neopreno y apoyos integrales de neopreno se presentan en la Tabla 3.5, en la que D es la longitud, espesor o diámetro y T es el espesor total del apoyo.

La variación para un plano paralelo a la de la superficie de diseño no excederá una pendiente promedio de 0,005 para la superficie superior y de 0,006 para la superficie lateral.

Tabla 3.5 Tolerancias en las dimensiones de apoyos y espesores de capas en neoprenos.

Dimensión	Tolerancia	
	Mínima	Máxima
Longitud, ancho o diámetro del apoyo mm (in)	0	5 (0,2) + 0,005D
Altura del apoyo mm (in)	0	2 (0,1) + 0,04T
Espesor de cubierta superior del apoyo, inferior o lateral mm (in)	0	3 (0,1)
Espesor de placa interna del apoyo %	± 20% del valor de diseño	

En la especificación también se establecen los métodos de pruebas y requisitos de aceptación.

3.7. AASHTO M 251-06 (2011) Especificación estándar para placas y apoyos integrales de neopreno para puentes

Esta especificación de AASHTO cubre los requisitos de materiales para placas y apoyos integrales de neopreno para puentes. Las placas y apoyos integrales de neopreno tendrán características adecuadas para expansión térmica y contracción, rotación, cambios de inclinación, flujo plástico y retracción de miembros estructurales.

Contiene como requisitos generales los siguientes aspectos:

Todos los apoyos deberán diseñarse con las especificaciones más recientes de AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges o de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.

Las dimensiones de los apoyos que serán suministrados por el fabricante, serán de las dimensiones establecidas en los documentos de diseño con las tolerancias que se indican en esta especificación. Los apoyos serán de los materiales especificados, se probarán con ensayos adecuados en un nivel apropiado y cubrirán satisfactoriamente cualquier requisito especial que el comprador considere conveniente.

El contratista solicitará al fabricante por escrito 30 días antes del inicio de la producción, información de los apoyos, incluyendo número de contrato, cantidad, dimensiones, ubicación y nombre del fabricante, el nombre del coordinador de la producción, inspección, muestreo y ensayos con el comprador.

Los ensayos de laboratorio para determinación de propiedades físicas de apoyos requieren la destrucción de uno o más apoyos de un lote. En este caso, el costo del suministro de apoyos adicionales para los ensayos será absorbido por el vendedor.

Respecto a las características de los materiales, la especificación M 251-06, establece que:

- Propiedades de los neoprenos. Los compuestos usados en la construcción de estos apoyos, serán únicamente el policloropreno (neopreno) o el polisopreno (hule natural). Todos los materiales serán nuevos, no se admiten materiales reciclados. Todos los componentes de las placas y apoyos de neopreno cumplirán con los requisitos de baja temperatura Grados 0, 2, 3, 4 o 5.
- Todos los ensayos de materiales deberán realizarse a 23 ± 2 °C a menos que se indique otra disposición.
- Para fines de establecer la conformidad con esta especificación, un valor observado o calculado deberá estar cerca de 100 kPa (14,5038 psi) para resistencia a tensión, cerca del 10% para alargamiento y cerca de 0,01 MPa (1,4504 psi) para el módulo de cortante.
- Las placas de acero de refuerzo cumplirán con lo establecido por las especificaciones ASTM A 36/A 36M, ASTM los neoprenos 1011M o equivalente, a menos que se especifique otra cosa, las placas tendrán el espesor especificado por el comprador o en caso de no estar especificado, deberá tener un espesor mínimo nominal de 1,52 mm (0,0598 in). No se permitirán perforaciones en placas con fines de fabricación, a menos que se hayan considerado en el diseño.

En lo que respecta a la fabricación, los apoyos con placas de acero de refuerzo deberán construirse como una unidad y vulcanizarse bajo presión. Los moldes serán los recomendados en la práctica industrial. Las placas de acero serán limpiadas con chorro de arena que cumplan con lo indicado en SSPC-VIS 1-01, BSP6 o CSP6. Los apoyos integrales de neopreno se diseñan como una sola unidad o elemento.

Las tolerancias que se establecen en la especificación M 251-06. Se presentan en la Tabla 3.6.

La norma ASTM D-4014-03 hace mención del hule EPDM, sin embargo también menciona que son resultados obtenidos en muestras moldeadas con fines específicos de prueba y no en muestras obtenidas de apoyos. Por otra parte, la norma americana AASHTO y la francesa SETRA no recomiendan el uso del hule EPDM, únicamente el cloropreno y el isopreno.

Tabla 3.6 Tolerancias.

Dimensiones	Tolerancias mm (in)
1.Todas las dimensiones verticales Espesor de diseño 32 mm (1,2598”) o menor Espesor de diseño mayor a 32mm (1,2598”)	-0, +3 (0,1181) -0, +6 (0,2362)
2.Todas las dimensiones horizontales Para dimensiones 914 mm (35,9842”) o menores Para dimensiones mayores a 914 mm (35,9842”)	-0, +6 (0,2362) -0, +12 (0,4724)
3.Espesor de capas individuales (únicamente apoyos integrales) en cualquier punto del apoyo	±3 mm (0,1181)
4.Variación respecto a plano paralelo de la superficie teórica (medida en el extremo del apoyo) Superior Lados	Pendiente relativa a la parte inferior no mayor a 0,005 rad 6 (0,2362)
5.Posición de conexiones expuestas de miembros	±3 (0,1181)
6. Cubierta extrema de placas embebidas o conexión de miembros	-0, +3 (0,1181)
7.Tamaño de perforaciones	±3 (0,1181)
8.Posición de perforaciones	±3 (0,1181)

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE LABORATORIO

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE LABORATORIO

4.1. Pruebas en el neopreno vulcanizado

4.1.1. Prueba de tensión y alargamiento

4.1.1.1. Objetivo de la prueba

Determinar la resistencia a la tensión y el alargamiento del neopreno vulcanizado, empleado en la fabricación de placas y apoyos integrales.

4.1.1.2. Equipo para la realización de la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Máquina para tensión

Con capacidad para 5 kN, equipada con accesorios para la prueba de tensión. Escala capaz de medir con una aproximación de 0,10 de la longitud original y la medición de carga con exactitud dentro del $\pm 2\%$ de error (Figura 4.1). Con mecanismo de desplazamiento capaz de alargar la probeta con una velocidad uniforme $500 \text{ mm/min} \pm 50 \text{ mm/min}$, debiéndose conservar esta velocidad en una longitud de 750 mm como mínimo.



Figura 4.1 Tensiómetro o máquina para efectuar prueba de tensión.

b) Troqueles cortadores

Con los perfiles necesarios para obtener las probetas que se muestran en la Figura 4.2, y con las caras interiores en las secciones reducidas, bien pulidas y perpendiculares al plano formado por los ejes de corte;

la profundidad del troquel de 5 mm como mínimo. Todas las herramientas de corte se mantendrán afiladas y libres de melladuras.

c) Marcador

Con dos bordes planos, rectificadas y paralelos entre sí, con superficies de dimensiones comprendidas entre 0,05 mm y 0,08 mm de ancho de borde y no menos de 15 mm de longitud; ángulos entre la superficie de marcado y las caras del borde de 75° grados como mínimo. La distancia entre las superficies marcadas tendrá una tolerancia de $\pm 1\%$, con relación a la longitud de marcado especificada. Con mango rígido.

d) Micrómetro

Con indicador analógico o digital con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

e) Mordazas cilíndricas para probetas troqueladas.

f) Mordazas para probetas planas y rectas del tipo de cuña o del tipo de presión.

g) Balanza tipo solución con capacidad para 2600 g y medición mínima de 0,01 g.

4.1.1.3. Preparación de la muestra

La preparación de las probetas, consistirá en lo siguiente:

a) Preparar 5 probetas troqueladas a partir de láminas de elastómero planas y lisas, con espesores uniformes, no menores de 1,3 mm ni mayores de 3,3 mm y con una longitud tal, que permita efectuar el corte utilizando algunos de los troqueles especificados. Las probetas deberán tener el perfil mostrado en la Figura 4.2; su corte deberá hacerse con el troquel cortador C de la Tabla 3.5.

b) Cortar las probetas con un solo golpe del troquel, de tal modo que las superficies de corte queden lisas.

c) Después del corte las probetas serán marcadas colocadas sobre una superficie rígida de tal modo que la probeta no esté sujeta a ningún esfuerzo de tensión.

d) Marcar las probetas en su sección reducida, equidistantes de su centro y perpendiculares a su eje longitudinal; las distancias entre los centros de las marcas será de $25 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, para las probetas cortadas con los troqueles C y D; o bien de $50 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$, para probetas cortadas con cualquiera de los otros troqueles de la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dimensiones de troqueles cortadores estándar.

Tamaño	Unidades	Tolerancia	Troqueles					
			A	B	C	D	E	F
A	mm	± 1	25	25	25	16	16	16
B	mm	Máxima	40	40	40	30	30	30
C	mm	Mínima	140	140	115	100	125	125
D	mm	± 6 (a)	32	32	32	32	32	32
D - E	mm	± 1	13	13	13	13	13	13
F	mm	± 2	38	38	19	19	38	38
G	mm	± 1	14	14	14	14	14	14
H	mm	± 2	25	25	25	16	16	16
L	mm	± 2	59	59	33	33	59	59
W	mm	$\pm 0,05 - 0,0$	12	6	6	3	3	6
Z	mm	± 1	13	13	13	13	13	13

(a) Cuando se use el cortador en una máquina de cinta, la tolerancia será de $\pm 0,5$

e) Determinar las dimensiones de las probetas efectuando 3 mediciones del espesor, 1 al centro de la sección reducida y las otras 2 en los extremos de la misma, con las cuales se obtiene el espesor promedio para el cálculo de la sección transversal; descartar aquellas probetas en las que exista una diferencia entre las medidas obtenidas que exceda de $\pm 0,08$ mm. El ancho de la probeta se considerará igual a la distancia entre las aristas de corte del troquel, en su sección reducida.

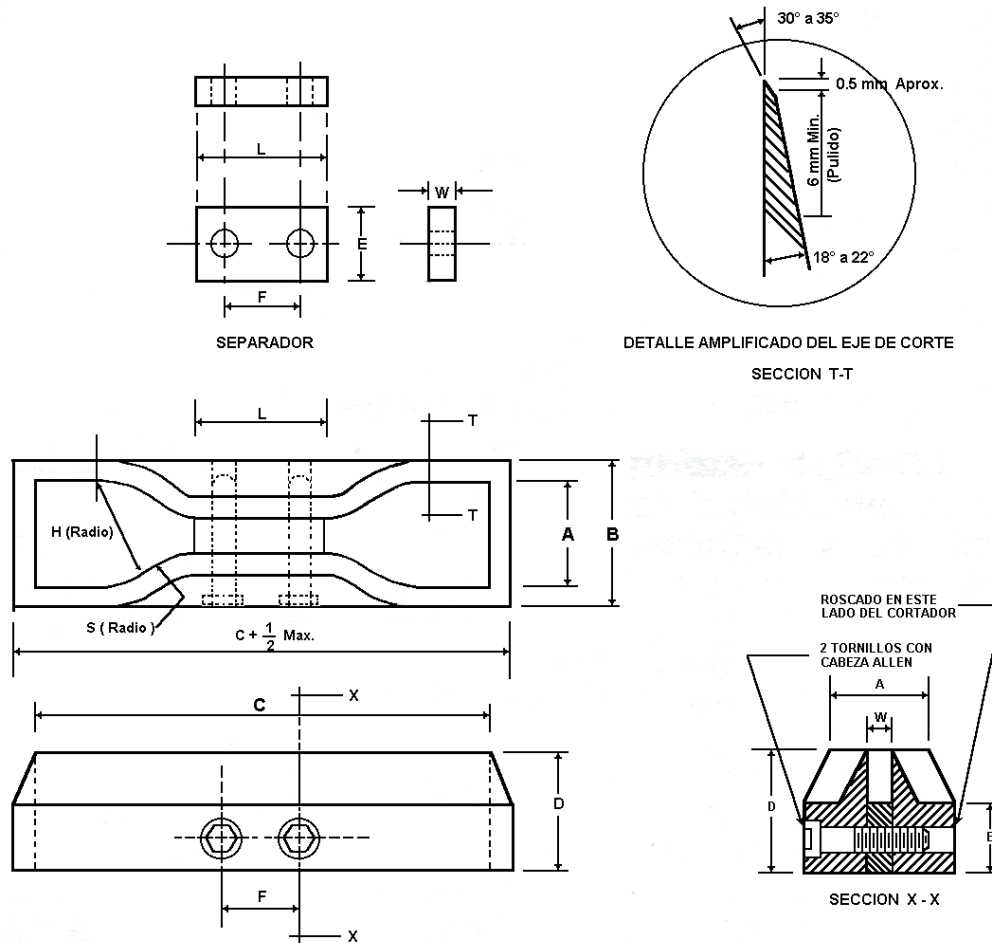


Figura 4.2 Troqueles cortadores para obtener las probetas.

f) Cuando no sea posible troquelar las probetas, elaborar probetas planas rectas, como en el caso de juntas o bandas de neopreno de poco espesor y poco ancho, cuidando que las probetas tengan longitud suficiente para sujetarlas con las mordazas de cuña o de presión. Las marcas de calibración se colocarán de igual manera que en las probetas troqueladas. El área de la sección transversal de las probetas, se determinará como sigue:

$$A = \frac{M}{\gamma L}$$

Donde:

A = Área de la sección transversal, (m²)

M = Masa de la probeta, (g)

L = Longitud de la probeta, (m)

γ = Densidad del neopreno, (kg/m³)

4.1.1.4. Procedimiento de prueba

La temperatura de prueba será de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, a menos que se especifique otra temperatura. En cualquier caso, en el reporte deberá anotarse la temperatura a la que se efectúe la prueba. La probeta permanecerá previamente a esa temperatura, durante 3 h como mínimo.

a) Colocar la probeta, ya sea la troquelada o la plana recta, en las mordazas de la máquina, de tal modo que la sujeción sea simétrica, para que la tensión sea distribuida uniformemente sobre la sección transversal de la probeta. Si la tensión es mayor en uno de los lados de la probeta, las marcas de calibración no se desplazarán paralelamente y el material no desarrollará satisfactoriamente la resistencia máxima.

b) Poner en movimiento la máquina a una velocidad de $500 \pm 50\text{ mm/min}$, observando cuidadosamente el alargamiento entre las marcas de calibración y registrando los esfuerzos a la deformación especificada y en el momento de la ruptura, si es posible, empleando la gráfica generada automáticamente por la máquina. Inmediatamente antes de la ruptura se hará la determinación del alargamiento, redondeando al 0,10.

c) Registrar la carga aplicada para alcanzar el alargamiento especificado y en el momento de la ruptura será, preferentemente, determinada de la gráfica generada en forma automática por la máquina. En el momento de la ruptura se medirá la distancia entre los centros de los rodillos, con una aproximación de 1 mm. Cuando las probetas deban ensayarse a temperaturas mayores de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, se requiere que sean acondicionadas a la temperatura de prueba, por un período de $10\text{ min} \pm 2\text{ min}$.

d) Se determina la deformación permanente después de la ruptura juntando las dos piezas de la probeta, 10 min después de ocurrida la falla, de tal modo que se encuentren en contacto en toda el área de falla. Se medirá la distancia entre las marcas de calibración y se calculará como sigue:

$$D_p = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

Donde:

D_p	=	Deformación permanente, (%)
L_f	=	Longitud final entre marcas, (mm)
L_i	=	Longitud inicial entre marcas, (mm)

4.1.1.5. Cálculos

El cálculo de los esfuerzos de tensión y el porcentaje de alargamiento, para probetas troqueladas y rectas, se hará como sigue:

a) El esfuerzo de tensión en probetas troqueladas y rectas, se calculará con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{F}{A}$$

Donde:

S	=	Esfuerzo de tensión, (kPa)
F	=	Carga registrada, (kN)
A	=	Área de la sección transversal de la probeta sin deformar, (m^2)

b) El alargamiento para una carga específica, en probetas troqueladas y rectas, se calculará como sigue:

$$A = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

Donde:

A = Alargamiento para una carga específica, (%)

L_f = Longitud final registrada entre las marcas de calibración en la probeta alargada, para una carga específica, (mm)

L_i = Longitud inicial entre las marcas de calibración, (mm)

4.1.1.6. Reporte

a) El reporte deberá contener la descripción del material ensayado, su procedencia, el tipo de máquina empleada, tipo de probeta y sus dimensiones, temperatura de ensaye, resultados, fecha y obra donde se empleará.

b) Los resultados que se reporten, serán el promedio de los valores registrados en el ensaye de 3 probetas; en el caso de que 1 o más de ellas no cumplan con los valores especificados, se tomarán 2 nuevas probetas y se reportarán el promedio de los 5 ensayes.

4.1.1.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La causa más frecuente de errores se debe a la falta de control de la temperatura ambiente del laboratorio en donde se ejecutan las pruebas y las condiciones de los troqueles. Se recomienda asegurar la uniformidad de la temperatura ambiente del laboratorio y el cuidado de los troqueles, debido a que éstos sufren desgastes o por descuido se pueden mellar, lo que provocará que las probetas salgan con defectos que puede repercutir en los resultados de la prueba.

4.1.2. Prueba de envejecimiento acelerado

Esta prueba consiste en someter las probetas, elaboradas de acuerdo con el punto 4.1.1. de esta Guía, a una temperatura de 70 °C dentro de un horno con circulación de aire y a la presión atmosférica, sin exponerlas a fuentes de luz, durante 100 h, comparando los resultados de resistencia a la tensión y alargamiento de estas probetas envejecidas con los de probetas originales, así como de una inspección visual y al tacto. La prueba se aplicará al neopreno después de 24 h de vulcanizado.

4.1.2.1. Objetivo de la prueba

Determinar el cambio de resistencia y alargamiento que sufre el neopreno, después de ser sometido a un proceso de envejecimiento acelerado.

4.1.2.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Horno

Horno eléctrico de convección con capacidad para proporcionar temperatura mínima de 100 °C ± 2 °C y dimensiones mínimas de 300 mm por 300 mm por 300 mm y máximas de 900 mm por 900 mm y por 1200 mm. La fuente de calor estará colocada en el dispositivo de suministro de aire, en la parte exterior de la cámara de envejecimiento. Contará con termostato para registrar la temperatura.

4.1.2.3. Preparación de la muestra

Las probetas se prepararán y ensayarán de acuerdo con el punto 4.1.1. Prueba de tensión y alargamiento de esta Guía. No se efectuará ningún tratamiento mecánico ni mediciones a las probetas después del envejecimiento. Las marcas requeridas para determinar el alargamiento se harán después del envejecimiento. Solamente se podrán establecer comparaciones entre probetas que tengan aproximadamente las mismas dimensiones.

4.1.2.4. Procedimiento de prueba

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

a) Fabricar 6 probetas como mínimo de acuerdo con el punto 4.1.1. de esta Guía.

b) Ensayar a la tensión 3 probetas sin el tratamiento de envejecimiento, de acuerdo con 4.1.1. Si los resultados de la prueba satisfacen los requisitos de la Norma N-CMT-2-08-001 Placas y Apoyos de Neopreno, realizar el tratamiento de envejecimiento.

c) Envejecer las otras 3 probetas, por un período de 70 h, a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, de la siguiente manera:

- Calentar el horno hasta que alcance una temperatura constante de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Colocar las probetas dentro del horno y mantenerlas en esta condición durante 70 horas.
- Retirar las probetas del horno al término del período de envejecimiento y permitir que se enfríen a la temperatura ambiente, dejándolas en reposo sobre una superficie plana, por un tiempo no menor de 16 h ni mayor de 96 h, antes de efectuar las pruebas de tensión y alargamiento a la ruptura.

d) Efectuar la prueba de tensión y alargamiento de las probetas envejecidas de acuerdo con 4.1.1. de esta Guía.

e) Realizar un examen visual y al tacto de todas las probetas ensayadas, anotando sus condiciones de apariencia física.

f) El resultado de las pruebas de tensión y alargamiento después del envejecimiento, será el promedio de los resultados obtenidos de las 3 probetas; en caso de que una o más probetas no cumplan con esta prueba, repetir el proceso de envejecimiento en 2 probetas más obtenidas del material original. El resultado final se determinará promediando los resultados de las 5 probetas ensayadas.

4.1.2.5. Cálculos

a) Los resultados obtenidos de las pruebas comparativas de tensión y alargamiento a la ruptura, del neopreno antes y después del proceso de envejecimiento, se expresarán como un porcentaje del cambio sufrido en su resistencia a la tensión y alargamiento a la ruptura, calculado como sigue:

$$P_c = \frac{E - N}{N} \times 100$$

Donde:

P_c = Porcentaje de cambio a la tensión o al alargamiento, (%)

E = Resistencia o alargamiento obtenido de las probetas después de haber sido sometidos al proceso de envejecimiento, (kPa o %)

N = Resistencia o alargamiento obtenido de las probetas que no fueron sometidas al proceso de envejecimiento, (kPa o %)

4.1.2.6. Reporte

El reporte contendrá la descripción del material probado, su procedencia, tiempo y condiciones de exposición a la que fue sujeto durante la prueba, resultados de la variación de la resistencia y el alargamiento, fecha y obra donde se empleará.

4.1.2.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La causa más frecuente de errores se debe a la falta de control de la temperatura ambiente del laboratorio en donde se ejecutan las pruebas y las condiciones de los troqueles. Se recomienda asegurar la uniformidad de la temperatura ambiente del laboratorio y el cuidado de los troqueles, debido a que éstos sufren desgastes o por descuido se pueden mellar, lo que provocará que las probetas salgan con defectos que puede repercutir en los resultados de la prueba.

4.1.3. Prueba de dureza Shore “A”

La dureza se define como la resistencia relativa de una superficie a ser penetrada por un punzón con las características señaladas en la Figura 25b y se mide en escala de dureza Shore “A”.

4.1.3.1. Objetivo de la prueba

Determinar la dureza Shore “A” de placas y apoyos integrales de neopreno para puentes.

4.1.3.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste excesivo.

a) Durómetro

Durómetro con indicador de carátula o digital, Figuras 4.3a y 4.3b.

b) Placa de dureza patrón

Es un dispositivo compuesto de una placa metálica rígida y otra flexible; la placa rígida tiene un orificio central dentro del cual se introduce el punzón hasta hacer contacto con la lámina flexible que al ser presionado por el punzón el durómetro indicará el valor de dureza Shore “A” que trae grabado el dispositivo.

4.1.3.3. Preparación de la muestra

a) Se selecciona la superficie en la que se va a determinar la dureza, evitando las zonas onduladas y rugosas para el caso de las placas y apoyos integrales; tratándose de láminas delgadas, éstas se colocarán en una superficie uniforme y rígida.

b) La muestra de ensayo deberá ser de al menos 6 mm de espesor a menos que se sepa que los resultados equivalentes a los valores de 6 mm se obtienen con una muestra más delgada.

4.1.3.4. Procedimiento de prueba

a) El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

- b) Comprobar la calibración del durómetro antes de efectuar mediciones de dureza, verificando la lectura con la placa patrón de dureza conocida Figura 4.3c. En caso de que la lectura del durómetro no coincida con la de la placa, éste deberá ser revisado y verificado su calibración.
- c) Colocar la placa o apoyo integral sobre una superficie horizontal. Apoyar el punzón del durómetro sobre la superficie de prueba y ejercer presión hasta que la placa de base del durómetro haga contacto totalmente con la superficie del neopreno, registrar la lectura indicada en un tiempo no mayor de 3 segundos.

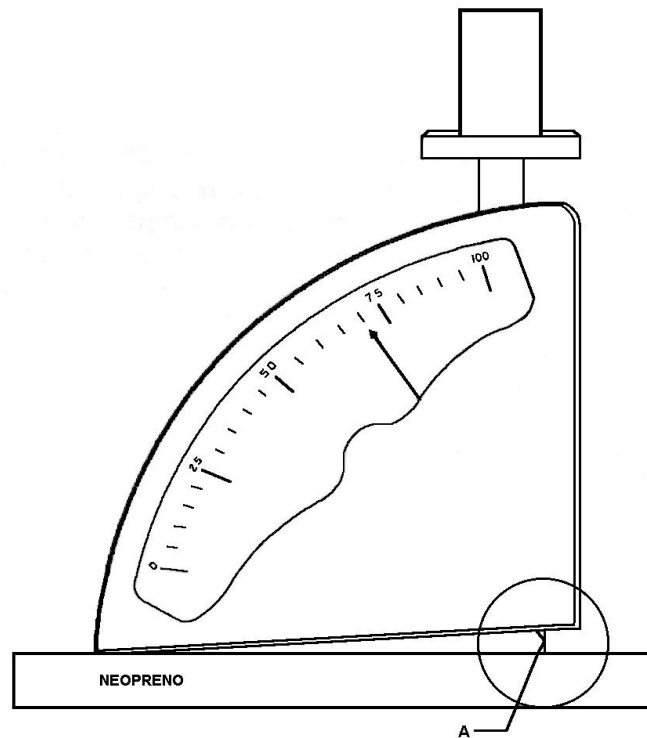


Figura 4.3a Detalle del durómetro.

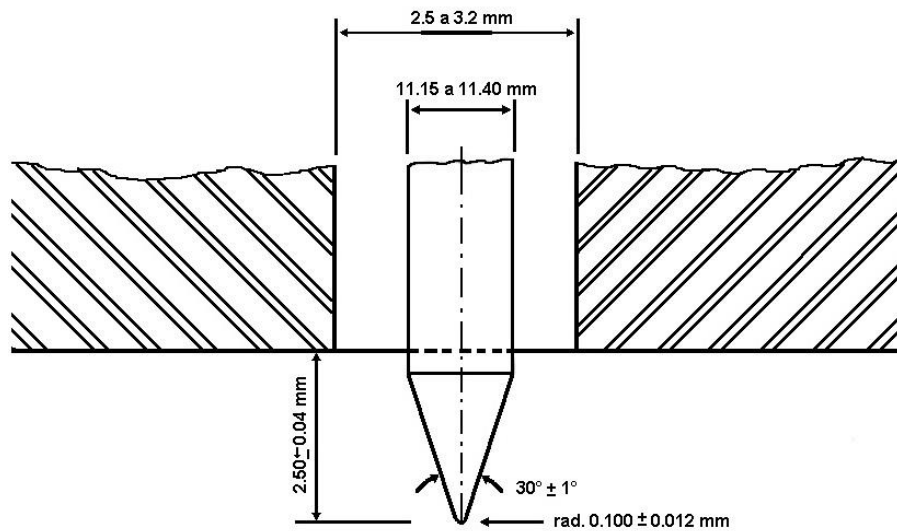


Figura 4.3b Detalle del punzón del durómetro.

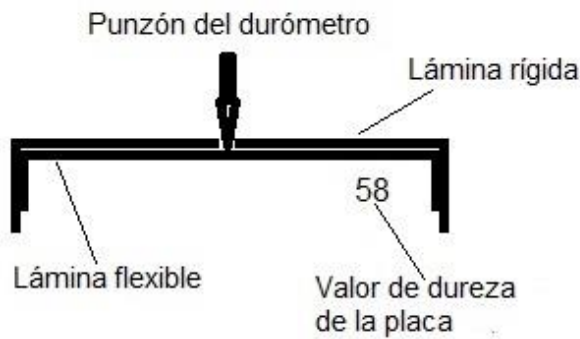


Figura 4.3c Placa de dureza patrón.

d) Realizar las mediciones a una distancia no menor de 15 mm de las orillas de las placas o apoyos integrales y una distancia entre lecturas no menor de 6 mm. El número de mediciones será de 10, distribuido uniformemente en la superficie de prueba.

4.1.3.5. Cálculos

Se calcula el promedio y la desviación estándar de la dureza de la muestra de neopreno probado y se expresa como dureza en la escala Shore “A”.

A) Promedio

$$D = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_N}{N}$$

Donde:

D = Dureza promedio de la muestra, (Shore “A”)
 d_i = Dureza promedio de un espécimen, (Shore “A”)
 N = Número de especímenes de la muestra

b) Desviación estándar

$$S_D = \sqrt{\frac{(D_1 - D)^2 + (D_2 - D)^2 + \dots + (D_N - D)^2}{N - 1}}$$

Donde:

S_D = Desviación estándar de la dureza de la muestra, (Shore “A”)
 $D_1, D_2, \dots, D_N$ = Dureza de cada uno de los especímenes que componen la muestra, (Shore “A”)
 D = Dureza promedio de la muestra, (Shore “A”)
 N = Número de especímenes de la muestra

4.1.3.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, temperatura de prueba, tipo de durómetro, tiempo para la toma de lecturas, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.1.3.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La causa más frecuente de error es la falta de verificación de la calibración del durómetro. Se recomienda verificar periódicamente la calibración del durómetro.

4.1.4. Prueba de resistencia al ozono

4.1.4.1. Objetivo de la prueba

Determinar la resistencia al agrietamiento del neopreno empleado en la fabricación de placas y apoyos integrales, en una cámara con una concentración de 100 ppcm de ozono.

4.1.4.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Cámara de ozono

De acero inoxidable con volumen mínimo de 0,11 m³, equipada con un generador de ozono localizado exteriormente, capaz de proporcionar y mantener una circulación de aire ozonizado a una velocidad no menor de 0,6 m / s, concentración de ozono entre 25 y 200 ppcm (partes por cien millones) y presiones equivalentes de entre 25 y 200 MPa $\pm$ 10%, a una temperatura constante de ensayo estándar de 40 $\pm$ 1 ° C dentro de ella.

b) Dispositivo de madera para tensado

Se utilizará un bloque rectangular de madera para sostener los especímenes estirados. Será de 140 mm de ancho y aproximadamente 380 mm de largo y un espesor no menor de 22 mm. Tendrá las vetas en el sentido largo y será reforzado adecuadamente en la parte posterior para evitar deformaciones. Ambos bordes de 380 mm de la cara que lleva las muestras se redondeará con un radio de 3 mm. El bloque tendrá un acabado liso y estará pintado con dos capas de barniz transparente o barniz marino o de intemperie.

c) Navaja de hoja delgada

d) Regla metálica

Regla metálica de 500 mm de longitud, 40 mm de ancho y 1 mm de espesor.

e) Tachuelas de aluminio

f) Tiras de ángulo de aluminio

Molduras de aluminio en ángulo recto de 13 mm por 22 mm y espesor de aproximadamente del calibre N ° 22, para proteger los especímenes que se doblan sobre los bordes del bloque de madera, se pueden emplear las tiras hechas de chapa de aleación aluminio comercial N° 2-S.

4.1.4.3. Preparación de la muestra

a) Cortar 5 probetas rectangulares de 25 mm de ancho, por 95 mm de longitud y un espesor de entre 1,9 mm y 2,5 mm.

b) Trazar dos líneas perpendiculares al eje longitudinal de cada uno de los especímenes, una a 50 mm de su punto medio en un sentido y la otra, a 50 mm en el otro.

- c) Fijar los especímenes en uno de los extremos del dispositivo de madera, con una separación entre ellos de 6 mm, usando tres tachuelas de aluminio por espécimen
- d) Estirar los especímenes a lo largo del bloque de madera de tal manera de provocar un alargamiento del 20%, entre los puntos del tramo calibrado marcados en la parte central del espécimen.
- e) Fijar el otro extremo de la muestra de la misma manera que en el otro extremo del bloque.
- f) Montar los escudos de aluminio por medio de tornillos en cada uno de los extremos donde fueron clavadas las tachuelas de aluminio de manera que cubra 22 mm de cada uno de los extremos clavados de las muestras y que cubra 13 mm de los extremos de los especímenes, en la parte curva de la cara del bloque.
- g) Se pueden emplear métodos alternativos de montaje y estiramiento de los especímenes siempre y cuando no afecten negativamente la calidad de la prueba.
- h) Mantener las muestras montadas durante 24 h en una atmósfera libre de ozono a $40\pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.1.4.4. Procedimiento de prueba

- a) El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.
- b) Colocar los especímenes dentro de la cámara de ozono montados en el dispositivo de madera.
- c) Hacer funcionar la cámara de ozono por un tiempo de aproximadamente 15 minutos $\pm 10\%$, verificando que se han alcanzado la concentración de ozono de 100 PPCM (cien partes por cada cien millones) en volumen y la temperatura de $40\pm 1^{\circ}\text{C}$ que se requiere para la prueba. Este tiempo puede variar dependiendo de las características de la cámara de ozono empleada.
- d) Se harán observaciones cada 24 h para detectar las primeras grietas en la superficie de las muestras y se registra el tiempo en horas en que esto ocurre.
- e) Se recomienda que estas observaciones se hagan con una lupa de 7 aumentos.
- f) Después de las 100 h de exposición, las probetas se retiran de la cámara de ozono y se revisan minuciosamente para verificar su estado superficial, registrando el resultado.

4.1.4.5. Cálculos

El resultado de la prueba consiste en verificar si se presentó o no agrietamiento en las probetas después de 100 h de exposición o antes.

4.1.4.6. Reporte

El reporte contendrá la descripción del material probado, su procedencia, tiempo de acondicionamiento y temperatura, fecha y hora de inicio de la exposición y condiciones de exposición al que fue sujeto durante la prueba, presión parcial y la temperatura nominal y la registrada diariamente, resultados de la prueba, fecha y obra donde se empleará.

4.1.4.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

El error que se presenta es de tipo humano, causado por distracción del personal encargado de la prueba, que no registre el tiempo de exposición o que no efectúe la revisión periódica estipulada.

Es importante que el personal encargado de la prueba tenga conocimiento de la importancia de la prueba, que depende de las inspecciones y mediciones que él realiza.

4.1.5. Prueba de desgarramiento

4.1.5.1. Objetivo de la prueba

Determinar la resistencia al desgarramiento en neopreno empleado en la fabricación de placas y apoyos de neopreno para puentes.

4.1.5.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Máquina de tensión

Tendrá una capacidad para 500 N, con resolución de 0,25 N y contará con certificado de calibración que avale que el error de sus mediciones no es mayor de $\pm 2\%$. Esta máquina estará equipada con mordazas del tipo de levas ajustables o del tipo de pinzas. El mecanismo de desplazamiento será capaz de estirar la probeta con una velocidad uniforme de 500 mm/min $\pm$ 50 mm/min por una distancia de al menos 750 mm.

b) Troqueles cortadores

Dispositivos para corte de probetas, las cuales tendrán las dimensiones que se indican en la figura 4.4; estos cortadores deberán mantenerse afilados y libres de melladuras para evitar ranuras en las superficies cortadas de las probetas.

c) Micrómetro

Con indicador analógico o digital con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

d) Navaja de hoja delgada

e) Regla metálica

De 500 mm de longitud, 40 mm de ancho y 1 mm de espesor.

4.1.5.3. Preparación de la muestra

a) Las probetas se acondicionarán a una temperatura estándar de laboratorio de 23 ± 2 °C por un tiempo mínimo de 3 horas antes del troquelado o cortado.

b) Los especímenes de prueba deberán ser protegidos de la exposición a la luz en el intervalo después de la vulcanización hasta antes de la prueba. El tiempo mínimo entre la vulcanización y la prueba será de 16 h.

c) Si el material se ve afectada por la humedad, la humedad relativa deberá mantenerse a $50 \pm 5\%$ y la muestra se acondicionará durante 24 h antes de la prueba.

d) Los especímenes de ensayo pueden ser troquelados o cortados y probados inmediatamente después del acondicionamiento, pero el tiempo máximo entre el troquelado o cortado y la prueba será de 24 h.

e) Si la preparación de las probetas requiere pulido, el intervalo entre la prueba y el pulido no excederá de 72 horas. El troquelado o cortado se realizarán después de cualquier tratamiento de envejecimiento.

- f) Si la prueba se va realizar a una temperatura que no es la estándar de laboratorio, las probetas se acondicionarán a la temperatura de ensayo durante un tiempo mínimo suficiente para alcanzar la temperatura de equilibrio anterior a la prueba. Este período debe ser lo más corto posible para evitar el envejecimiento de las piezas de ensayo.
- g) El tramo de neopreno del que se obtendrán las probetas se colocará sobre una superficie plana ligeramente deformable, tal como cartón ligero o una banda de cuero, para evitar dañar los filos de los cortadores. Los cortes quedarán perpendiculares a las superficies de la probeta y con un mínimo de concavidad.
- h) Las probetas se obtendrán con los troqueles cortadores y tendrán la forma de los perfiles mostrados en la Figura 4.5.
- i) Las probetas tendrán un espesor de entre 1,5 mm y 3 mm, y se medirán con un micrómetro con aproximación a 0,01 mm (Tabla 4.2).
- j) El espesor se determinará en el vértice de la ranura o del ángulo de 90° grados, según sea el tipo de probeta que se utilice.
- k) Las probetas tipos A o B, se someterán a un corte preciso utilizando una navaja delgada similar a la de rasurar, montada sobre un sujetador que permita regular su posición, y un escantillón para provocarles una ranura de 0,5 mm de profundidad a través del eje de la probeta y al centro del eje cóncavo interior. Durante el corte de la ranura, la probeta se lubricará con una solución de agua con 0,5% de dicromato de potasio.
- l) Las probetas tipo C no serán ranuradas.

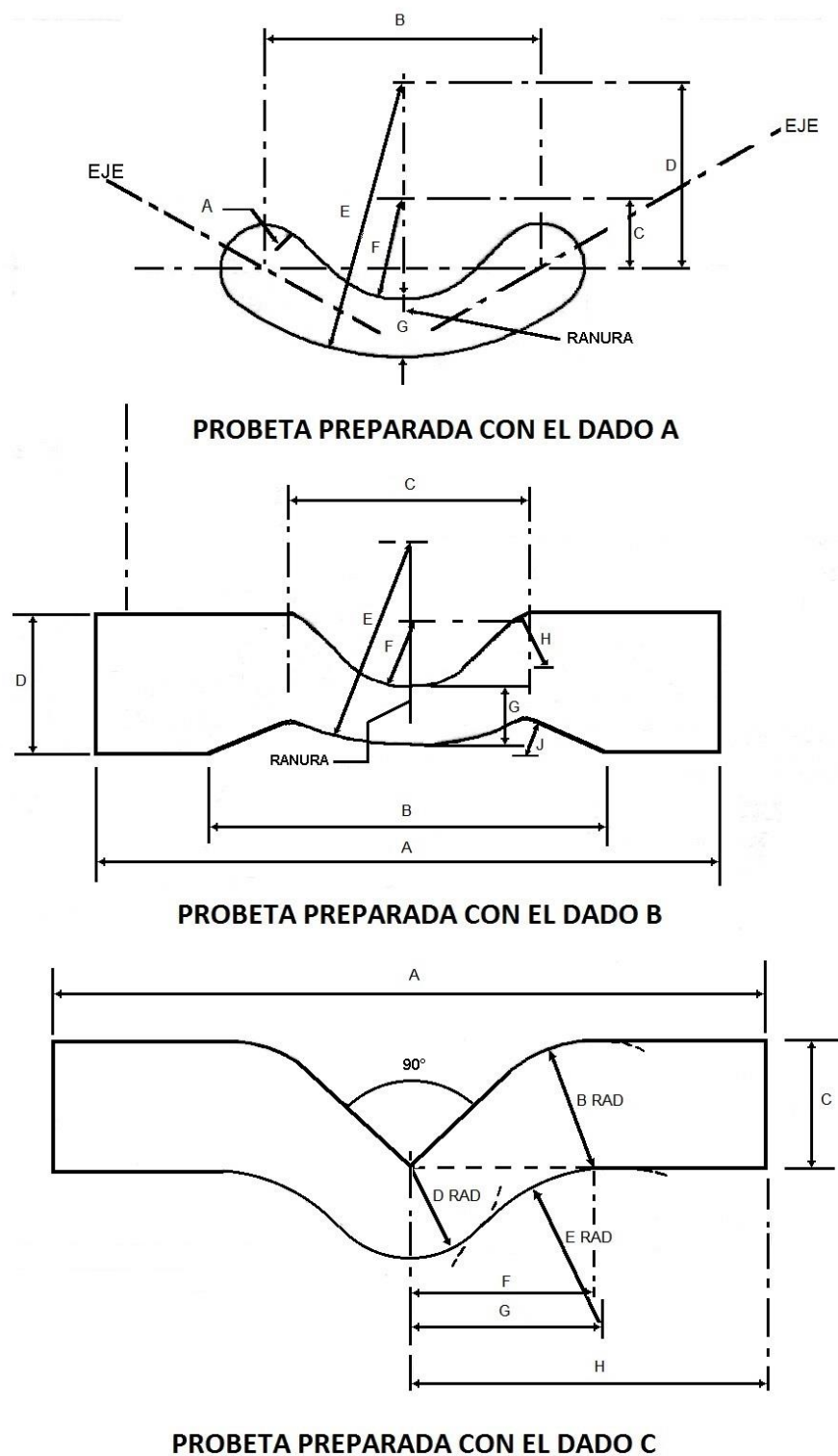


Figura 4.4 Perfiles de probetas para resistencia al desgarramiento.

Tabla 4.2 Dimensiones y tolerancias de probetas para resistencia al desgarramiento.

DIMENSIONES	PROBETAS DADO A		PROBETAS DADO B		PROBETAS DADO C	
	VALORES mm	TOLERANCIA mm	VALORES mm	TOLERANCIA mm	VALORES mm	TOLERANCIA mm
A	7,6	±0,05	110,0	±0,50	102,0	±0,05
B	42,0	±0,5	68,0	±0,50	19,0	±0,05
C	08,6	±0,05	45,0	±0,05	19,0	±0,05
D	29,0	±0,05	25,0	±0,05	12,7	±0,05
E	43,2	±0,05	43,0	±0,05	25,0	±0,05
F	12,7	±0,05	12,5	±0,05	27,0	±0,05
G	10,2	±0,05	10,2	±0,05	28,0	±0,05
H	--	--	09,0	±0,05	51,0	±0,25
J	--	--	07,5	±0,05	--	--
Ranura	0,5	±0,05	0,5	±0,05	--	--

4.1.5.4. Procedimiento de prueba

a) El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

b) Determinar la resistencia al desgarramiento utilizando cualquiera de los 3 tipos de probetas cuyas características se indican a continuación, así como el tipo de troquel que se requiere en cada caso:

- Probeta tipo "A" de sección variable, ranurada con navaja y preparada con el troquel "A".
- Probeta tipo "B" de sección variable, con extremos planos, ranurada con navaja y preparada con el troquel "B".
- Probeta tipo "C" con ángulo de noventa (90) grados no ranurada, preparada con el troquel "C".

c) Colocar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayo teniendo cuidado de ajustarla de modo que el esfuerzo sea uniforme a lo largo de su longitud y que quede firmemente sujeta para evitar deslizamientos.

d) Tener cuidado de que al ensayar probetas del tipo A, se aplique la carga con los ejes de la probeta, mostrados en la Figura 26, alineados en la dirección de aplicación de la carga. Cuando se ensayen probetas del tipo "B" o "C", la sujeción de las mordazas coincidirá con el centro de las partes planas y quedar alineado con la dirección de aplicación de la carga.

Poner en marcha la máquina a una velocidad constante de separación de las mordazas de $500 \pm 50\text{ mm/min}$.

e) Estirar la probeta hasta que se rompa completamente.

f) Anotar la carga de falla después de la ruptura de la probeta y el espesor final de la probeta.

g) Registrar la fuerza máxima aplicada.

h) Para determinar la resistencia al desgarramiento se requiere ensayar tres 3 probetas de cada muestra y reportar el valor promedio; en caso de que la desviación de cualquiera de los valores obtenidos exceda en más de 20% de dicho valor promedio, se ensayarán 2 probetas adicionales y se reportará la media de los 5 valores.

4.1.5.5. Cálculos

La resistencia al desgarramiento se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$R_d = \frac{F}{e}$$

Donde:

R_d = Resistencia al desgarramiento, (N/mm)

F = Carga máxima de desgarramiento, (N)

e = Espesor original de la probeta, (mm)

4.1.5.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.1.5.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

Los errores se presentan principalmente por emplear probetas mal elaboradas debido al uso de herramientas de corte mal afiladas, por lo que para minimizar estos errores se recomienda asegurar que las herramientas estén perfectamente afiladas antes de usarse.

4.1.6. Prueba de deformación permanente por compresión

4.1.6.1. Objetivo de la prueba

Determinar la deformación permanente por compresión en neopreno empleado en la fabricación de placas y apoyos de neopreno para puentes.

4.1.6.2. Equipo para la realización de la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Herramienta de corte

Herramienta para cortes circulares de $29 \text{ mm} \pm 0,50 \text{ mm}$, mostrada en la Figura 4.5.

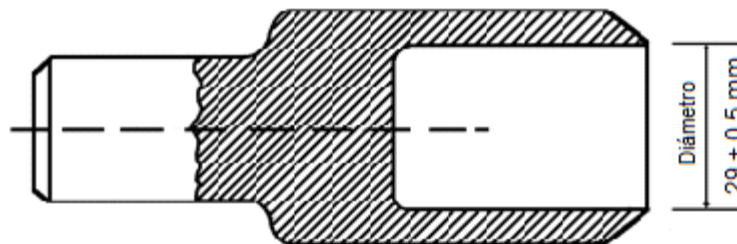


Figura 4.5 Herramienta de corte.

b) Micrómetro con indicador analógico o digital con alcance de medición de 25 mm y lectura mínima de 0,01 mm.

c) Juego de barras separadoras de 9,5 mm de espesor, con una tolerancia de $\pm 0,02 \text{ mm}$, para mantener la deformación constante, cuando se comprimen las probetas, ver Figura 4.6.

d) Dispositivo de compresión compuesto por 2 o más placas planas de acero con las caras paralelas, entre las cuales serán comprimidas las probetas, con espesor suficiente para soportar el esfuerzo sin flexionarse,

según se muestra en la Figura 4.6. Las superficies en contacto con las probetas deberán tener un acabado de cromo pulido.

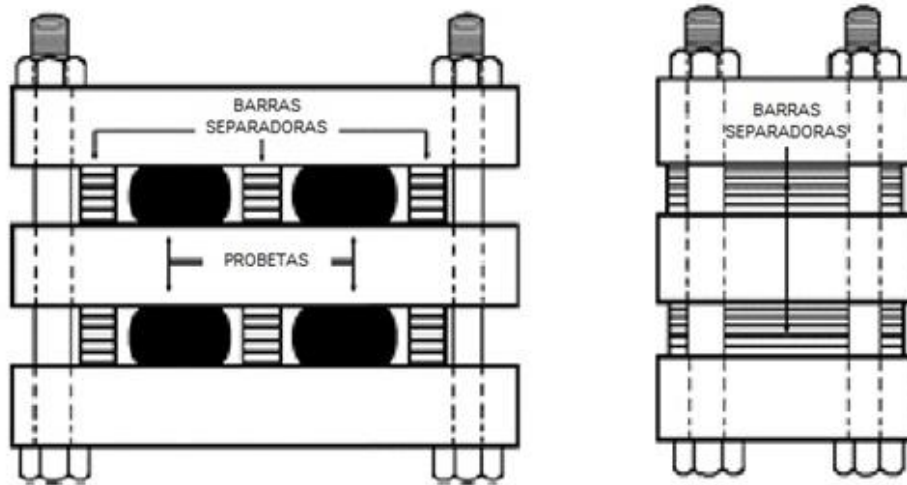


Figura 4.6 Dispositivo para deformación permanente por compresión.

e) Horno

Que pueda proporcionar una temperatura de 100 °C, con termostato para controlar el calor aplicado, con división mínima de 0,5 °C.

4.1.6.3. Preparación de la muestra

Se cortarán 4 probetas de forma cilíndrica de la placa de neopreno bajo análisis, con un espesor aproximado de $12,5 \pm 0,02$ mm. El corte se efectuará con la herramienta mostrada en la Figura 27, montada en un taladro de banco y lubricado con una solución jabonosa durante el corte. Cuando el espesor de la placa sea mayor que el especificado para la probeta, el cilindro obtenido se podrá cortar con una navaja afilada, hasta una dimensión aproximada, rectificándolo posteriormente, hasta que la cara cortada quede plana.

4.1.6.4. Procedimiento de prueba

La prueba consiste en medir la deformación resultante de las probetas, treinta (30) minutos después de ser removidas del dispositivo de compresión mostrado en la Figura 28, después de ser sometidas a deformación por compresión durante 22 h, en un horno a una temperatura de 100 °C en ambiente seco.

Para obtener la deformación permanente por compresión se seguirán los pasos que a continuación se indican:

a) Medir el espesor inicial, de las probetas, en la porción central de las caras, con una aproximación de 0,02 mm, antes de la compresión.

b) Colocar las probetas entre las placas del dispositivo de compresión, usando separadores a cada lado, dejando espacio suficiente para la expansión lateral de las probetas cuando sean comprimidas. Aplique una fina capa de lubricante, que no sea reactivo con el neopreno, por ejemplo, un fluido de silicón o fluorosilicón es adecuado. Apretar los tornillos de tal modo que las placas se desplacen verticalmente de manera uniforme, hasta entrar en contacto con los separadores. El porcentaje de deformación empleado para todos los grados de dureza del neopreno, será de aproximadamente veinticinco por ciento (25%). Se

puede emplear un dispositivo mecánico o hidráulico adecuado para facilitar el montaje y desmontaje del accesorio de prueba.

c) Someter el dispositivo de prueba ya ensamblado a un período de calentamiento de 22 h, a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en ambiente seco. Al terminar este período se remueve la probeta y se deja enfriar sobre una superficie de madera durante treinta (30) minutos.

d) Se mide el espesor final siguiendo el procedimiento indicado en el inciso 4.1.6.4.a)

4.1.6.5. Cálculos

Calcular el porcentaje de deformación permanente por compresión, con la expresión siguiente:

$$C = \frac{e_o - e_f}{e_o - e_b} \cdot 100$$

Donde:

C = Deformación permanente por compresión expresada como un porcentaje de la deformación original, (%)

e_o = Espesor original promedio de las probetas, (mm)

e_f = Espesor final promedio de las probetas, (mm)

e_b = Espesor de la barra separadora, (mm)

4.1.6.6. Reporte

El reporte de prueba deberá incluir la descripción del material probado, tipo de muestra, tiempo y temperatura de prueba, su procedencia, las dimensiones originales de las probetas, número de probetas empleadas, el porcentaje de deformación empleado en la prueba, el espesor de la probeta después de 30 min de haberla sacado del horno, la deformación permanente por compresión, fecha y obra donde será empleado.

4.1.6.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

Las causas más frecuentes de error es que el horno no mantenga, durante el tiempo de la prueba, la temperatura constante. El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste, calentamiento y que las mediciones se efectúen con excesiva presión de las caras de contacto del micrómetro sobre las superficies de las probetas. Para minimizar estos errores se recomienda asegurar que el horno cuente con control preciso de temperatura y que el micrómetro empleado cuente con seguros que eviten la sobrepresión en las caras de contacto.

4.2. Pruebas de placas y apoyos integrales de neopreno

4.2.1. Muestreo de placas y apoyos integrales de neopreno

4.2.1.1. Objetivo

Determinar y seleccionar el número de placas o de apoyos integrales representativos de un lote de placas o de apoyos de neopreno.

4.2.1.2. Tamaño de la muestra

El muestreo de las placas o de los apoyos integrales de neopreno se realiza para corroborar los parámetros de calidad propuestos en un diseño para controlar la producción o para verificar con fines de aceptación.

Con la finalidad de determinar el número de placas o de apoyos integrales de una línea de producción o de un almacenamiento, en el primer caso se debe establecer cada cuánto tiempo se debe tomar una muestra por línea de producción y dimensiones de las piezas que están fabricando, tomando en cuenta que el control de calidad es responsabilidad del productor, en el entendido de que una falta de control conlleva el riesgo de rechazos durante la verificación para aceptación; en el otro caso, en el muestreo para la verificación de calidad de placas o de apoyos integrales almacenados en la planta o en la obra, es conveniente identificarlos por obra y por sus dimensiones, agrupándolos en lotes.

Para efecto de muestreo, se entiende por lote al conjunto de placas o de apoyos integrales de neopreno del mismo tamaño, dureza y para una obra (estructura, puente, etc.) específica.

El criterio para determinar el tamaño de la muestra de placas o de apoyos integrales será el siguiente:

Los lotes de apoyos se forman con las placas o apoyos integrales de las mismas características: largo, ancho, espesor, dureza y estructura (Puente, PSV, PIV, etc.) donde serán utilizados.

El número de placas o apoyos integrales para ensaye será determinado por el tamaño del lote, esto es, para lotes de 1 a 10 piezas, se seleccionará la totalidad; Para lotes cuyos tamaños sean mayores de 10 piezas, se tomará, además de las 10, 1 por cada 10 piezas adicionales o fracción de 10, Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Determinación del tamaño de la muestra de placas o de apoyos integrales de neopreno.

Tamaño del lote (L)	Tamaño de la muestra (M)
1-10	Todo
11-20	11
21-30	12
31-40	13
41-50	14
51-60	15
61-70	16
71-80	17
81-90	18
91-100	19

Para determinar el tamaño de la muestra de lotes con número de apoyos de entre 10 y 100 piezas se emplea la Tabla 4.3; para lotes entre 100 y 1000, se recomienda usar la siguiente ecuación, verificando primero el intervalo con rango de 10 donde se ubica el lote en consideración, esto es, 101-110, 111-120, etc., el valor de L será el extremo superior del intervalo donde se ubica el tamaño del lote en cuestión, esto es, para un lote de 115 piezas, el valor de L será 120, porque 115 se ubica en el intervalo de 111 y 120.

$$M = \frac{L}{10} + 9$$

Donde:

M = Tamaño de la muestra

L = Tamaño del lote

Por lo que:

$$M = \frac{120}{10} + 9 = 21$$

4.2.1.3. Muestreo aleatorio

El criterio para seleccionar en forma aleatoria la muestra de placas o de apoyos integrales de neopreno de un lote, está basado en la norma M.CAL.1.02/01 Criterios Estadísticos de Muestreo de la Normativa SCT.

Para seleccionar aleatoriamente los elementos de la muestra de un lote de neopreno, cuyo tamaño fue determinado de acuerdo con el punto 4.2.1.2., se empleará el siguiente procedimiento.

a) Se preparan dos urnas identificándolas, una con el nombre de columnas y la otra con el de renglones. La correspondiente a columnas se llenará con fichas numeradas del 1 al 25 y la de renglones, con fichas del 1 al 50.

b) Tener a la mano la Tabla 4.4 de números aleatorios.

- Si el tamaño del lote es menor o igual a 100, el 0 en la tabla corresponderá a 100
- Si el tamaño del lote es mayor de 100 pero menor de 10 000, se utilizan simultáneamente dos columnas, la determinada inicialmente y la inmediata a su derecha.
- Si antes de encontrar todos los elementos por muestrear se terminan las columnas a la derecha de la tabla, se comienza en la columna uno hasta encontrar el último número.

c) Numerar todos los elementos del lote por muestrear.

d) Determinar el punto de inicio del muestreo en la Tabla 4.2 de números aleatorios, sacando una ficha de la urna de columnas y registrándola como C, y se hace lo mismo con la urna de renglones y se registra como R.

e) Buscar verticalmente hacia abajo, a partir del punto en donde se interceptan los valores de columnas y renglones encontrados en la tabla de números aleatorios, los números aleatorios menores o iguales que el número total de elementos del lote, hasta completar el número de elementos de la muestra.

4.2.1.4. Ejemplo de utilización de la tabla de números aleatorios

Se desea tomar una muestra integral de un lote de 56 apoyos integrales de neopreno.

a) Se determina el tamaño de la muestra, en función del tamaño del lote, empleando la Tabla 4.4, que en este caso es de 15 piezas.

b) Numerar cada uno de los apoyos del lote, esto es del 1 al 56.

c) Se saca de la urna de columnas una ficha y otra de la de renglones. Para este ejemplo se encontró que la ficha extraída de la urna de columnas le corresponde el número 6 y la de la urna de los renglones, el número 15.

d) Empleando la tabla de números aleatorios y comenzando en el renglón 15, columna 6, se determinaron los 15 números aleatorios correspondientes al tamaño de la muestra, que son los siguientes: 46, 2, 34, 13, 32, 17, 43, 29, 12, 18, 11, 40, 23, 19, 15.

Número de apoyos del lote	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
Apoyos seleccionados	2	11	12	13	15	17	18	19	23	29	32	34	40	43	46

4.2.1.5. Frecuencia de muestreo

- a) Por cada lote de placas o de apoyos integrales se tomará una muestra y su tamaño se determinará de acuerdo con lo que se establece en el punto 4.2.1.2. La muestra será constituida por el número de placas o de apoyos de neopreno
- b) Las pruebas que se aplicarán a las placas o apoyos integrales serán entre otras, la de inspección visual, medición de dimensiones, dureza Shore “A”, compresibilidad, prueba de esfuerzo cortante Módulo “G” y prueba de la flama.

Tabla 4.4 Tabla de números aleatorios.

C/R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	55	19	12	16	40	8	56	80	99	24	91	1	69	71	65	3	74	3	73	75	98	9	43	22	53
2	30	17	93	85	79	94	19	80	67	95	80	24	71	32	97	13	6	59	68	5	97	74	74	16	43
3	98	14	90	62	72	92	93	25	29	43	55	95	3	26	77	90	78	64	21	91	82	36	61	84	90
4	28	26	68	0	99	5	62	12	69	96	24	30	99	61	85	77	83	28	14	92	4	95	86	33	46
5	65	84	49	69	56	74	88	5	20	12	16	65	74	1	81	27	93	46	41	67	88	68	52	10	55
6	87	30	32	84	53	49	30	6	99	87	61	28	77	67	40	69	42	51	61	8	6	55	86	95	78
7	17	81	39	73	26	5	60	10	40	1	11	45	84	77	1	20	66	49	54	64	78	40	61	25	40
8	76	11	85	64	13	43	92	11	47	96	62	92	9	6	19	21	17	92	18	69	44	43	34	9	97
9	88	87	38	3	63	75	86	25	78	57	47	30	82	84	99	46	50	92	61	71	74	21	44	35	83
10	94	30	85	3	52	65	52	48	88	9	26	70	68	39	13	49	74	67	54	84	0	32	92	35	12
11	40	39	67	64	66	43	73	8	85	92	67	46	81	62	53	61	55	39	34	45	43	91	1	12	92
12	79	38	7	69	59	96	81	69	45	10	63	84	30	70	79	77	50	86	81	77	83	55	17	24	73
13	80	95	84	81	98	61	27	79	36	76	89	81	86	46	75	92	32	72	11	41	36	73	30	31	77
14	13	66	3	79	18	74	1	14	32	37	57	47	88	25	27	81	45	7	64	24	95	32	13	38	48
15	85	67	72	22	89	41	75	51	35	79	29	8	35	64	3	79	77	4	15	47	51	76	83	9	64
16	55	1	39	21	9	49	66	5	91	51	12	78	13	94	94	72	11	15	12	90	68	5	97	80	47
17	44	47	25	68	29	93	12	51	73	11	84	77	63	59	86	94	17	26	91	43	31	95	32	14	79
18	86	98	88	80	37	84	40	87	15	6	94	15	10	20	82	55	70	92	16	23	16	59	89	87	59
19	67	79	85	25	77	2	98	80	16	29	98	37	82	72	49	87	22	95	68	28	61	88	94	89	7
20	42	4	78	2	80	34	16	79	7	49	90	13	57	0	24	77	1	97	8	57	48	64	79	9	24
21	8	48	36	31	28	59	42	83	48	17	20	92	7	67	38	86	69	89	51	74	11	93	7	81	67
22	38	68	56	60	3	99	7	56	25	71	97	82	98	92	99	57	78	7	99	53	6	63	46	72	50
23	94	27	48	17	96	13	38	60	76	46	22	15	94	30	63	80	18	75	53	66	10	1	81	35	78
24	59	67	71	74	16	32	79	42	80	25	76	1	64	82	86	96	56	3	14	16	66	75	99	93	97
25	96	13	59	89	53	66	70	66	44	64	31	52	74	72	94	49	95	81	74	15	73	81	74	4	57
26	65	74	75	59	75	99	18	9	60	72	41	49	19	61	62	77	50	78	48	34	45	88	35	43	4
27	97	70	84	86	35	13	71	22	68	38	98	53	86	51	74	76	96	9	67	56	33	15	63	51	48
28	53	6	32	66	58	60	22	55	72	12	20	63	44	92	70	66	90	13	38	4	74	64	51	80	28
29	76	10	71	2	2	83	10	72	27	64	13	6	74	52	44	73	83	88	29	30	42	20	99	60	89
30	45	34	20	4	42	67	70	42	93	25	90	8	6	51	75	51	51	85	82	78	74	87	14	40	35
31	95	27	34	13	84	17	5	81	98	36	28	92	42	72	80	2	10	40	42	25	22	9	72	29	33
32	29	93	25	2	59	43	78	6	46	49	62	19	71	66	44	85	98	4	54	59	65	63	93	51	5
33	1	3	43	50	16	34	78	37	75	22	60	20	84	72	31	2	43	16	20	76	24	43	96	60	20
34	19	19	45	81	11	2	30	11	67	88	46	55	84	90	26	88	70	60	60	98	33	81	52	12	47
35	12	81	61	21	93	34	61	11	61	10	63	66	44	99	41	5	10	26	18	88	42	45	62	26	18
36	24	27	97	87	80	29	53	84	24	60	61	15	72	29	94	69	90	45	84	49	89	45	65	63	56
37	45	71	78	18	77	12	6	6	61	22	17	5	49	9	12	73	72	30	55	76	42	74	48	88	48
38	21	60	17	28	77	91	62	34	2	61	42	66	62	6	41	81	30	52	6	65	82	34	18	89	55
39	94	9	24	56	82	74	82	88	78	83	52	49	1	13	9	38	23	83	48	13	80	5	3	54	4
40	20	29	19	23	50	18	26	52	36	64	66	93	70	46	55	59	42	34	75	77	18	63	98	92	54
41	95	26	80	84	58	11	38	22	23	61	98	84	88	13	30	55	9	33	7	23	17	87	21	0	70
42	29	84	21	70	84	40	71	59	34	17	35	69	42	39	72	16	91	4	99	98	22	43	83	35	54
43	87	55	42	10	21	75	57	83	45	27	60	97	63	75	67	57	27	67	24	58	42	48	15	93	94
44	73	58	78	81	1	60	40	93	76	37	6	34	83	92	29	95	21	7	66	18	13	86	15	32	28
45	75	80	24	48	18	94	14	97	53	48	35	13	6	37	22	64	69	92	57	92	60	12	97	67	69
46	19	25	74	79	89	23	80	22	19	67	16	66	46	69	15	61	28	32	46	97	30	60	36	74	62
47	76	40	84	10	54	87	91	41	1	21	55	81	21	31	81	98	15	16	93	83	48	24	41	87	68
48	44	83	54	73	65	78	63	54	65	89	2	59	6	29	49	41	75	29	83	83	53	57	21	46	77
49	88	44	88	99	75	11	86	95	6	16	69	1	59	19	9	39	85	8	5	97	23	95	81	84	48
50	51	38	48	15	29	15	30	83	57	18	54	15	45	56	7	56	24	41	11	20	92	50	56	91	81

c) Para verificar las dimensiones de las capas internas de neopreno y el recubrimiento, así como de las dimensiones de las placas de acero de los apoyos, se seccionará una pieza por lote, por lo que cada lote deberá tener una pieza adicional para este fin.

4.2.1.6. Envase e identificación de las muestras

a) Las placas o apoyos integrales tendrán marcados en uno de sus costados, en forma legible y clara los siguientes datos como mínimo:

- Símbolo o marca del fabricante.
- Fecha de producción.
- Número progresivo que identifique la placa o el apoyo y el lote.

b) Cuando se reciban las placas o apoyos integrales en el laboratorio cada lote será identificado con las siglas SCT, un número consecutivo y el año en curso, lo cual se realiza con una pintura de un color que contraste con el del neopreno. Antes de realizar el marcado, es necesario limpiar con alcohol isopropílico la cara lateral de las placas o apoyos y después aplicar el promotor de adherencia y finalmente efectuar las anotaciones.

SCT NÚMERO CONSECUTIVO AÑO

c) Cuando sea necesario, las placas o apoyos de neopreno se entregarán en el laboratorio o en la obra, en paquetes cuyo peso no excederá los cincuenta (50) kilogramos.

d) Las placas o apoyos serán protegidos contra golpes y maltratos durante su embalaje y traslado.

e) La identificación marcada en la placa o en el apoyo deberá permanecer inclusive, después de la puesta en operación de la obra donde fue colocado.

4.2.1.7. Transporte y almacenamiento de placas y apoyos de neopreno

a) Las placas y apoyos de neopreno se transportarán en vehículos con capacidad de carga adecuada a fin de asegurar el traslado seguro de este producto.

b) El lugar para almacenar las placas y apoyos de neopreno tendrá espacio suficiente y estará techado, para proteger este material de los rayos del sol y de sustancias agresivas. No se recomienda apilar el material a una altura mayor de 1500 mm, para evitar concentraciones de carga excesiva en la zona de almacenamiento, así como para manipular con seguridad las placas o apoyos.

4.2.2. Inspección visual y verificación de dimensiones

4.2.2.1. Objetivo de la inspección visual y verificación de dimensiones

Verificar el acabado, las dimensiones y la escuadría de las placas y de los apoyos integrales, y la posición y dimensiones de las placas de acero de refuerzo de los apoyos integrales.

4.2.2.2. Equipo para realizar la inspección y verificación de dimensiones

El equipo estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgastes excesivos.

a) Calibrador tipo mauser de 200 mm y división mínima de 0,1mm

b) Indicador de carátula con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

c) Flexómetro de 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.

d) Navaja de hoja rígida

4.2.2.3. Preparación de las muestras

a) Las muestras serán agrupados e identificadas por lotes de acuerdo a sus dimensiones, nombre del fabricante que lo suministra, obra en donde serán empleadas y un número consecutivo.

b) El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

4.2.2.4. Procedimiento de inspección y determinación de dimensiones

a) Inspección visual

Realizar una inspección visual para detectar la presencia de defectos tales como rajaduras, lajeaduras e inclusiones de material extraño.

- **Rajaduras.** Son incisiones que pueden presentar las placas y apoyos causadas por herramienta cortante o punzo contante y por maltrato durante el manejo, almacenamiento o traslado del producto, que pueden amplificarse durante la prueba de compresibilidad o estando ya colocados en la obra.
- **Lajeaduras.** Son defectos producidos por alguna materia extraña durante el proceso de vulcanización lo que no permite que haya continuidad en la capa de neopreno. Pueden ser superficiales, sin embargo, en algunos casos pueden atravesar todo el espesor de la placa, o para el caso de los apoyos integrales llegan hasta la placa de acero.
- **Materia extraña.** La materia extraña puede ser incorporada durante la preparación del neopreno crudo o mientras se preparan los moldes que darán forma a las placas o apoyos mediante el proceso de vulcanización. La materia extraña puede producir lajeaduras u oquedades que evitan la continuidad de la masa de neopreno, por lo que pueden ser factores potenciales de falla.

Si bien es cierto que durante la inspección es cuando se detectan los defectos de rajaduras, lajeaduras y materia extraña, también lo es que al momento de realizar la prueba de compresibilidad estos defectos pueden amplificarse y mostrar la falla en forma más evidente, por lo que se recomienda que cuando se detecte una irregularidad no tan notoria, señalarlo con alguna marca para confirmarlo durante la aplicación de carga.

b) Determinación de dimensiones

Placas de neopreno.

- Medir los lados de la superficie de carga de placas con una tolerancia de +3 mm y -1 mm.
- Medir el espesor de las placas, tomando como mínimo 2 lecturas en cada uno de sus lados, cada medición separada no menos de 200 mm, con una tolerancia de $\pm 5\%$ del espesor promedio de las placas que forman el lote.
- Cuando se presuma que el espesor de las placas no es uniforme, determinar el espesor por medio de un indicador de carátula fijado de manera que el vástago de éste quede perpendicular a la superficie de neopreno, cuando la placa se coloque sobre una superficie plana y a nivel. Medir los espesores desplazando la placa bajo el vástago del micrómetro.

Apoyos integrales de neopreno.

- Medir los lados de la superficie de carga del apoyo con una tolerancia de ± 1 mm.
- Medir el espesor de los apoyos, tomando como mínimo 2 lecturas en cada uno de sus lados, cada medición separada no menos de 200 mm, con las tolerancias dadas en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Espesor de apoyos y tolerancias.

Espesor nominal (h)	Tolerancia (mm)
$h \leq 13$	+ 0,8
$13 < h \leq 25$	+ 1,5
$25 < h \leq 70$	+ 2,0
$70 < h$	+ 3,0

- Seccionar el apoyo seleccionado en cuatro partes iguales.
- Medir el espesor del recubrimiento de dos porciones con una tolerancia de ± 1 mm, empleando el calibrador tipo mauser.
- Medir la cubierta lateral con una tolerancia de ± 1 mm, empleando el calibrador tipo mauser
- Medir el espesor de las capas interiores de neopreno con una tolerancia de $\pm 7\%$ del espesor de proyecto.
- Medir el espesor de la tapa superior y de la base, recubrimiento, con una tolerancia de ± 1 mm.
- Medir el recubrimiento lateral, con una tolerancia de $\pm 0,5$ mm.
- Medir las dimensiones, largo y ancho, del acero de refuerzo interno, con una tolerancia de $\pm 1,5$ mm.
- Medir el espesor del acero de refuerzo interno con una tolerancia de ± 2 .
- Verificar el paralelismo del refuerzo interno midiendo la distancia desde la base del apoyo hasta la base de cada placa de refuerzo interno, uniendo los dos cuartos de la muestra en el sentido largo y luego los del sentido corto; efectuar dos mediciones en cada lado. Determinar la diferencia de valores obtenido de cada uno de los dos lados por cada placa de acero del apoyo; reportar como valor del paralelismo, la suma de todas las diferencia obtenidas en cada lado y por cada placa de acero (Figura 4.7). Registrar en el FORMATO 4a y 4b.

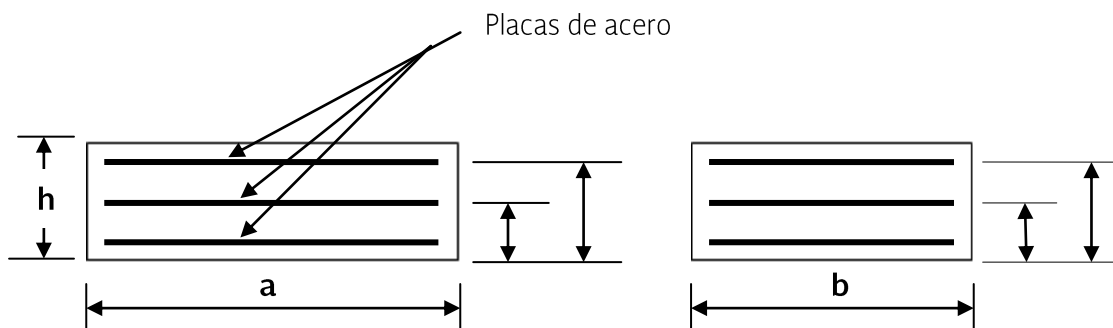


Figura 4.7 Medición de la posición del acero de refuerzo dentro del apoyo.

c) Cálculos

Placas de neopreno

Los resultados de las mediciones efectuadas servirán para calcular la falta de uniformidad y el factor de forma de las placas.

- La falta de uniformidad de espesor de cada placa se calculará con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}}}{E_{\text{máx}}} \cdot 100$$

Donde:

S = Falta de uniformidad de la placa de neopreno, (%)

$E_{\text{máx}}$ = Espesor máximo de la placa, (mm)

$E_{\text{mín}}$ = Espesor mínimo de la placa, (mm)

- El factor de forma es la relación entre el área de carga y el área de deformación y se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_f = \frac{L \cdot A}{2(L + A)d}$$

Donde:

F_f = Factor de forma, adimensional

L = Longitud de la placa, (mm)

A = Ancho de la placa, (mm)

d = Espesor de la placa, (mm)

Apoyos integrales de neopreno

Los resultados de las mediciones efectuadas servirán para calcular la falta de paralelismo de las placas de acero, el factor de forma del apoyo, la relación longitud a altura, la relación ancho a altura y la relación diámetro a altura para apoyos circulares.

- Se calcula el paralelismo de las placas de acero, acumulando las diferencias de lecturas para cada placa de acero en el apoyo y dividiendo este total entre el espesor efectivo de hule de diseño, mediante la siguiente ecuación, empleando el FORMATO 4a y 4b:

$$P = \frac{S_d}{t} \cdot 100$$

Donde:

P = Paralelismo de las placas de acero en el apoyo, (%)

S_d = Suma total de las diferencias obtenidas para cada placa de acero en el apoyo, (mm)

t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm)

- El factor de forma es la relación entre el área de carga y el área de deformación y se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_f = \frac{a' \cdot b'}{2(a' + b')e_m}$$

Donde:

F_f = Factor de forma, (adimensional)

a' y b' = lados de la placa de acero, (mm)

e_m = espesor promedio de las placas de neopreno, (mm)

- La relación longitud a altura del apoyo se define como la longitud nominal del apoyo entre el espesor efectivo de neopreno y se calcula con la siguiente fórmula.

$$R_L = \frac{L}{t}$$

Donde:

R_L = Relación longitud a altura, adimensional
 L = Longitud nominal del apoyo, (mm)
 t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm)

- La relación ancho a altura del apoyo se define como el ancho nominal del apoyo entre el espesor efectivo de neopreno y se calcula con siguiente fórmula.

$$R_A = \frac{A}{t}$$

Donde:

R_A = Relación ancho a altura, adimensional,
 A = Ancho nominal del apoyo, (mm)
 t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm)

- La relación diámetro a altura para apoyos circulares

$$R_D = \frac{D}{t}$$

Donde:

R_D = Relación diámetro a altura, adimensional,
 D = Diámetro nominal del apoyo, (mm)
 t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm)

d) Reporte

El reporte deberá contener la descripción del material revisado, su procedencia, sus dimensiones, fecha y obra donde se empleará.

- Adicionalmente para las placas se reportarán los resultados de defectos, uniformidad y factor de forma.
- En el caso de apoyos integrales de neopreno se reportarán además, los resultados de defectos, paralelismo de las placas de acero, el factor de forma, las relaciones largo a altura y ancho a altura.

e) La inspección visual se realizará en la totalidad de las placas que forman el lote.

f) Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

El error más frecuente que se presenta es por no mostrar claramente las placas de acero dentro del apoyo, lo que conduce a no efectuar las mediciones con la holgura necesaria para obtener resultados confiables. Esto se corrige haciendo las incisiones con la navaja bien afilada, descubriendo perfectamente el acero de manera que muestre la delimitación que hay entre éste y las capas de neopreno.

4.2.3. Prueba de compresibilidad en placas y apoyos integrales

4.2.3.1. Objetivo de la prueba

Determinar la deformación unitaria de las placas o apoyos de neopreno, cuando se les aplica una carga vertical estática.

4.2.3.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgastes excesivos (Figura 4.8).

a) Máquina de compresión

Con capacidad máxima suficiente para aplicar la carga de prueba a una velocidad de desplazamiento del cabezal de $0,20 \text{ mm/s} \pm 0,05 \text{ mm/s}$, de manera suave y sin impactos.

b) Dispositivo para aplicación de carga

Consistente en una placa de acero principal de 19,05 mm de espesor, con rótula; construida en forma piramidal con otras placas de igual espesor para asegurar la rigidez de la placa principal cuyas dimensiones serán 25 mm mayor, como mínimo, que las de las placas o de apoyo de neopreno por ensayar (Figura 4.9).

c) Calibrador

Tipo mauser de 200 mm y división mínima de 0,1 mm

d) Indicador de carátula

Con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

e) Flexómetro

Con alcance de medición de 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.



Figura 4.8 Máquina de compresión para el ensaye de placas o apoyos integrales de neopreno.



Figura 4.9 Dispositivo para el ensaye de placas o apoyos integrales de neopreno.

4.2.3.3. Preparación de la muestra

- a) Encender la máquina de prueba 30 minutos antes de la aplicación de carga.
- b) Colocar y centrar la placa o apoyo de neopreno sobre la platina de la máquina de compresión.
- c) Verificar que la placa o dispositivo de carga esté funcionando correctamente.
- d) Colocar los indicadores de carátula en los costados de la placa de carga de la máquina en dos lados opuestos entre sí. Los indicadores estarán situados lo más cerca posible del centro del apoyo.
- e) Verificar el funcionamiento de los indicadores de carátula y revisar que el eje del vástago de cada uno de los indicadores estén perfectamente en posición vertical con respecto al plano de la platina de la máquina.
- f) Se determinarán las dimensiones de las placas y apoyos integrales y se inspeccionarán para verificar que no tengan defectos ni suciedad tales como polvo, grasa, talco o materias extrañas.
- g) Las medidas de las placas: largo, ancho y espesor, corresponderá a sus dimensiones exteriores.
- h) Las medidas de los apoyos corresponderá a sus medidas exteriores; sin embargo, las medidas de los apoyos para el cálculo del factor de forma corresponderá a las dimensiones, largo y ancho de la lámina de acero de refuerzo interno; y el espesor, será el espesor efectivo de neopreno que se determina de acuerdo con el punto 3.3.2.3.e) de esta Guía.

4.2.3.4. Procedimiento de prueba

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

- Aplicar una precarga, de acuerdo con la superficie de contacto de las muestras, a una presión de 200 kPa (2 kg/cm²) para placas de neopreno y de 2000 kPa (20 kg/cm²) para apoyos.
- Ajustar la lectura de los indicadores de carátulas a cero, y a partir de este punto aplicar la carga en forma continua a una velocidad de $12\text{ mm/min} \pm 0,25\text{ mm/min}$ hasta alcanzar la máxima de proyecto.
- Registrar la carga máxima y la deformación obtenida.
- Descargar la máquina.
- Retirar la muestra de la platina.

4.2.3.5. Cálculos

Calcular la deformación unitaria, empleando las fórmulas siguientes, según sea el caso, expresado en por ciento:

- Placa

$$d = \frac{D}{E} \cdot 100$$

- Apoyo integral

$$d = \frac{D}{t} \cdot 100$$

$$D = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Donde:

d = Deformación unitaria, (%) con aproximación al décimo de por ciento

D = Deformación media, (mm), con aproximación al centésimo de milímetro

I₁, I₂ = Lecturas de deformación de los indicadores

E = Espesor de la placa, (mm) con aproximación al décimo de milímetro

t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm) con aproximación al décimo de milímetro, determinado de acuerdo con el punto 3.3.2.3. de esta guía.

4.2.3.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, carga de prueba, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.2.3.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los dos sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente capacitado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

4.2.4. Prueba de esfuerzo – deformación por compresión

4.2.4.1. Objetivo de la prueba

Determinar la curva esfuerzo - deformación unitaria de las placas o apoyos de neopreno sometidos a la prueba de compresibilidad.

4.2.4.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste excesivos.

a) Máquina de compresión

Con capacidad máxima suficiente para aplicar la carga de prueba a una velocidad de desplazamiento de 12 mm/min $\pm$ 0,25 mm/min, de manera suave y sin impactos.

b) Dispositivo para aplicación de carga

Consistente en una placa de acero principal de 19,05 mm de espesor, con rotula; construida en forma piramidal con placas de igual espesor para asegurar la rigidez de la placa principal, cuyas dimensiones serán 25 mm mayor como mínimo, que las de la placa o de apoyo de neopreno por ensayar.

c) Calibrador

Calibrador tipo mauser de 200 mm y división mínima de 0,1mm

d) Indicador de carátula

Con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

e) Flexómetro

De 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.

4.2.4.3. Preparación de la muestra

a) Encender la máquina de prueba 30 minutos antes de la aplicación de carga.

b) Colocar y centrar la placa o apoyo de neopreno sobre la platina de la máquina de compresión.

c) Verificar que la placa o dispositivo de carga esté funcionando correctamente.

d) Colocar dos indicadores de carátula, uno en cada costado de la placa de carga de la máquina opuestos entre sí. Los indicadores estarán situados a la mitad de la longitud del apoyo.

e) Verificar el funcionamiento de los indicadores de carátula y revisar que el eje del vástago de cada uno de los indicadores estén perfectamente en posición vertical con respecto al plano de la platina de la máquina.

f) Se determinarán las dimensiones de las placas y apoyos integrales y se inspeccionarán para verificar que no tengan defectos ni suciedad tales como polvo, grasa, talco o materias extrañas.

g) Las medidas de las placas: largo, ancho y espesor, corresponderá a sus dimensiones exteriores.

h) Las medidas de los apoyos corresponderá a sus medidas exteriores; sin embargo, las medidas de los apoyos para el cálculo del factor de forma corresponderá a las dimensiones, largo y ancho de la lámina de acero de refuerzo interno; y el espesor, será el espesor efectivo de neopreno que se determina de acuerdo con el punto 3.3.2.3.e) de esta Guía.

4.2.4.4. Procedimiento de prueba

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

a) Aplicar un ciclo de carga en forma continua a una velocidad de $0,20\text{ mm/s} \pm 0,05\text{ mm/s}$ hasta alcanzar la de proyecto, sostener durante 5 segundos y descargar a la misma velocidad.

b) Aplicar una precarga, de acuerdo con la superficie de contacto de las muestras, a una presión de 200 kPa (2 kg/cm²) para placas de neopreno y de 2000 kPa (20 kg/cm²) para apoyos.

c) Ajustar la lectura de los indicadores de carátulas a cero, y a partir de este punto aplicar la carga en forma continua a una velocidad de $0,20\text{ mm/s} \pm 0,05\text{ mm/s}$,

d) Registrar la deformación a cada incremento de carga del 10% de la de proyecto hasta alcanzar la carga de correspondiente a 110 % de la de proyecto.

e) Descargar la máquina.

f) Retirar la muestra de la platina.

g) Cálculos

Calcular la deformación unitaria de cada uno de los 11 valores de carga registrados, empleando cualquiera de las dos fórmulas siguientes, según sea el caso, y se expresa en por ciento; asimismo, calcular el esfuerzo de cada una de estas cargas.

- Placa

$$d = \frac{D}{E} \cdot 100$$

- Apoyo integral

$$d = \frac{D}{t} \cdot 100$$

$$D = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Donde:

d = Deformación unitaria, (%) con aproximación al décimo de por ciento

D = Deformación media, (mm), con aproximación al centésimo de milímetro

I_1, I_2 = Lecturas de deformación de los indicadores

E = Espesor de la placa, (mm) con aproximación al décimo de milímetro

t = Espesor efectivo de neopreno en el apoyo, (mm) con aproximación al décimo de milímetro, determinado de acuerdo con el punto 3.3.2.3.e) de esta Guía.

Tabular los valores obtenidos (Tabla 4.5) y elaborar la gráfica esfuerzo – deformación unitaria.

h) Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, el resultado obtenido y la gráfica esfuerzo – deformación, fecha y obra donde será empleado.

i) Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los dos sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente capacitado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

Tabla 4.5 Formato de valores obtenidos para curva esfuerzo-deformación unitaria.

Número de incrementos de carga	Espesor efectivo =		Area =	
	Deformación		Carga	Esfuerzo
	mm	%	kN (kg)	MPa (Kg/cm ²)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

4.2.5. Prueba de esfuerzo cortante “Módulo G”

4.2.5.1. Objetivo de la prueba

Determinar la resistencia al esfuerzo cortante del apoyo de neopreno, cuando se le aplica una fuerza horizontal.

4.2.5.2. Equipo para realizar la prueba

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones óptimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste.

a) Máquina de compresión

Con capacidad para 490 kN (50 000 kg)

b) Gato hidráulico

Con capacidad para 294 kN (30 000 kg)

c) Dispositivo para aplicación de carga horizontal

d) Calibrador

Tipo mauser de 200 mm y aproximación de 0,1mm

e) Indicador de carátula

Con alcance de medición de 25 mm y aproximación de 0,01 mm.

f) Flexómetro

Con alcance de medición de 2000 mm y división mínima de 1 mm.

4.2.5.3. Preparación de la muestra

a) Encender la máquina de prueba 30 minutos antes de la aplicación de carga.

b) Colocar los dos apoyos en el dispositivo, como se muestra en las Figuras 4.10 y 4.11; en caso de que las dimensiones de los apoyos de proyecto sean muy grande pueden usarse probetas de 150 x 200 mm, con el espesor total del apoyo.

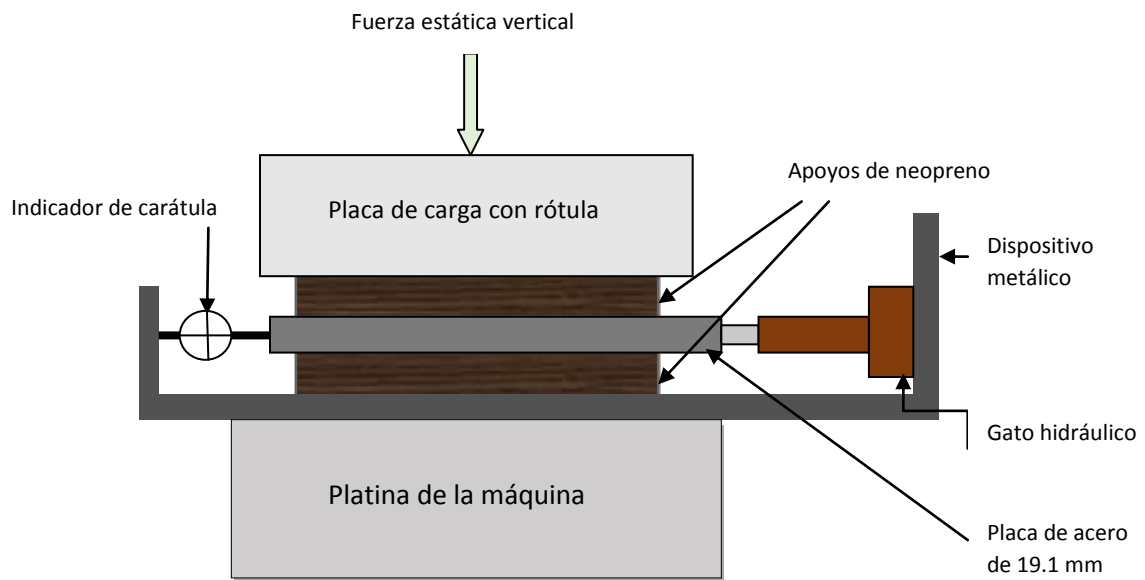


Figura 4.10 Dispositivo para la prueba de esfuerzo cortante, módulo "G".

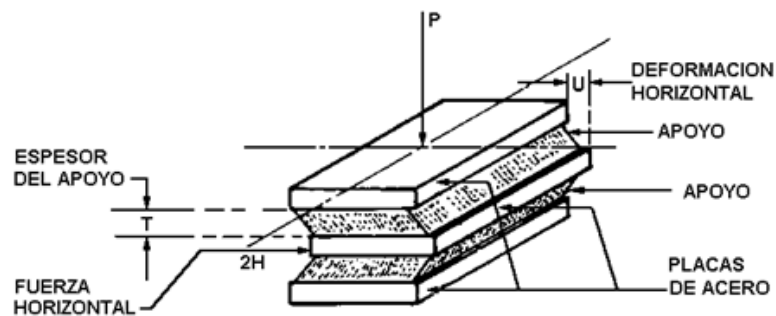


Figura 4.11 Preparación de 2 apoyos integrales de neopreno para la prueba de esfuerzo cortante, módulo "G".

c) Ajustar la posición del gato hidráulico para que esté en contacto con la placa metálica colocada entre los dos apoyos.

- d) Verificar el funcionamiento del indicador de carátula.
- e) Verificar el funcionamiento de todo el conjunto, dispositivo y apoyos de neopreno.

4.2.5.4. Procedimiento de prueba

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

- a) Aplicar una carga vertical constante “P” que genere un esfuerzo de 5 MPa (51 kg/cm^2), durante la prueba.
- b) Ajustar posición del gato hidráulico para que esté en contacto con la placa metálica colocada entre los dos apoyos.
- c) Ajustar el indicador de carátula a cero.
- d) Aplicar, con el gato hidráulico, una fuerza horizontal “H” a la placa de acero intermedia, con incrementos de carga correspondiente a la décima parte de la especificada para la prueba de compresibilidad, a una velocidad que no excederá de 10 kN/min (1000 kg/min), registrando la deformación para cada incremento de carga (Tabla 4.6).
- e) Continuar con la aplicación de la fuerza horizontal hasta obtener una deformación horizontal equivalente a $0,9t$, siendo t el espesor efectivo de neopreno del apoyo (Figura 4.12).

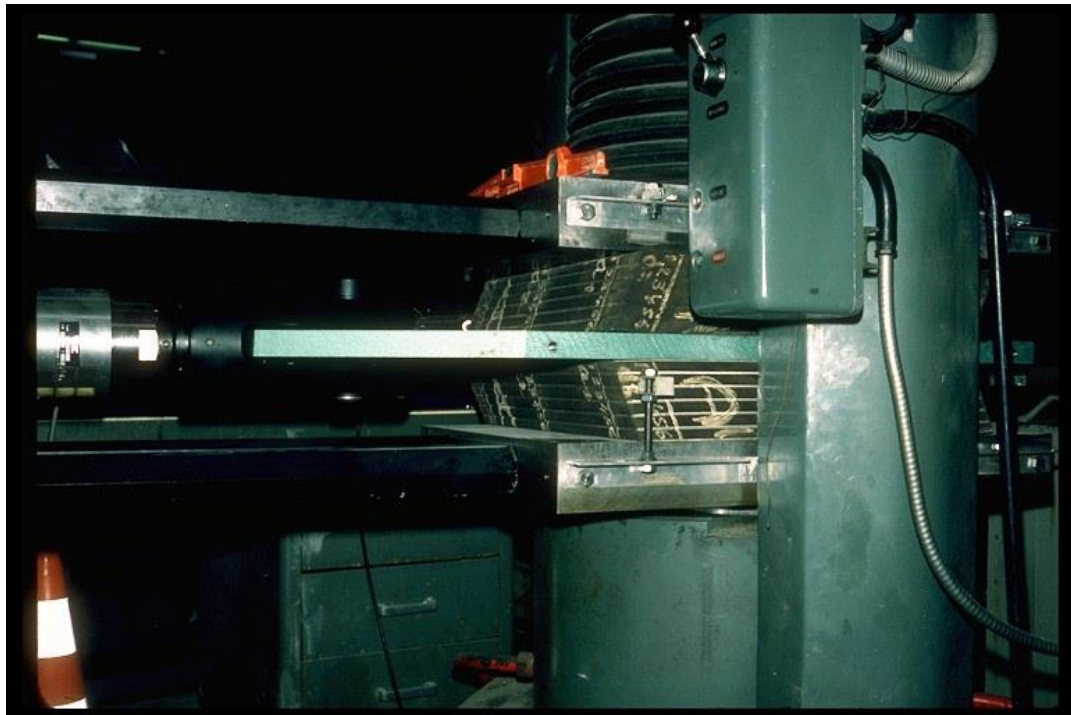


Figura 4.12 Realización de la prueba de esfuerzo cortante, módulo “G”.

- f) Descargar a la misma velocidad que la de aplicación ascendente, registrando la recuperación de la deformación horizontal.
- g) Repetir dos veces la aplicación de carga y descarga horizontal, dando un tiempo de reposo de 5 min después de cada ciclo.

La figura 4.13, muestra el ciclo de carga-descarga típico obtenido de la prueba de esfuerzo cortante módulo G para un ensaye en laboratorio

Tabla 4.6 Formato para obtención de valores para gráfica esfuerzo-deformación.

Incrementos de carga horizontal	Espesor efectivo =		Área =			
	Carga	Esfuerzo	Deformación			
	kg	Kg/cm2	mm		%	
			Ascend1	Descend1	Ascend2	Descend2
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
OBSERVACIONES:						

4.2.5.5. Cálculos

a) Graficar los resultados obtenidos de la segunda aplicación de carga.

b) Determinar el valor de U empleando las lecturas de deformación horizontal de la segunda aplicación de carga, comprendidos entre 0,268t y 0,577t, siendo t el espesor efectivo de neopreno en el apoyo. Ver Figura 4.13.

c) Calcular el Módulo “G” con la fórmula siguiente:

$$G = \frac{H}{ab \cdot \tan \gamma}$$

$$\tan \gamma = \frac{U}{t}$$

Donde:

G = Módulo “G”, (MPa)

H = Fuerza horizontal, (kN),

a = Ancho de la probeta, (m) con aproximación al milímetro

b = Longitud de la probeta, (m) con aproximación al milímetro

U = Deformación horizontal obtenida de la prueba, (mm)

t = Espesor efectivo de neopreno, (mm)

γ = Angulo de deformación debido a la fuerza horizontal aplicada, (grados sexagesimales)

La prueba se considera satisfactoria si los valores obtenidos no difieren en más de 15% del valor de proyecto.

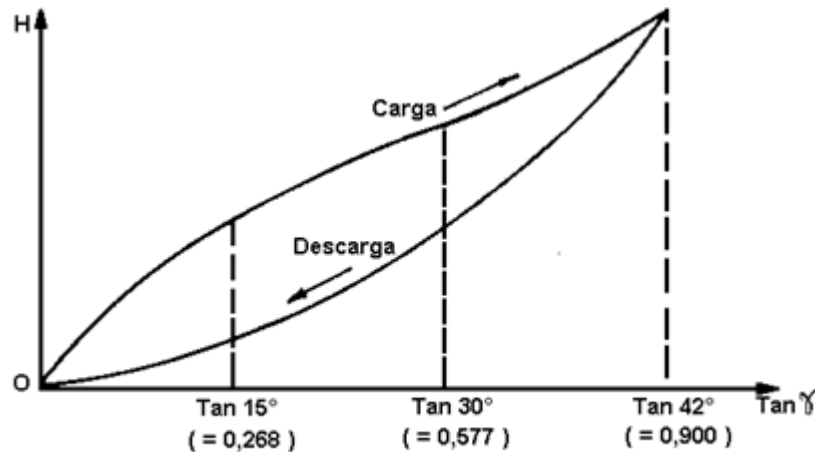


Figura 4.13 Gráfica que muestra el ciclo de carga-descarga obtenido de la prueba de esfuerzo cortante módulo "G".

4.2.5.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.2.5.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los tres sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente entrenado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

4.2.6. Prueba de compresión a la carga máxima de diseño

4.2.6.1. Objetivo de la prueba

Determinar la deformación por compresión a la carga máxima de diseño de apoyos de neopreno.

4.2.6.2. Equipo

a) Máquina de compresión

Con capacidad suficiente para aplicar la carga máxima igual a la carga muerta más la carga viva en compresión a una velocidad de 520 kPa/min (5,3 kg/cm²/min), de manera suave y sin impactos.

b) Dispositivo para aplicación de carga

Consistente en una placa de acero principal de 19,05 mm de espesor, con rotula; construida en forma piramidal con placas de igual espesor para asegurar la rigidez de la placa principal cuyas dimensiones serán 25 mm mayor, como mínimo, que las de la placa o de apoyo de neopreno por ensayar.

c) Calibrador

Calibrador tipo mauser de 200 mm y división mínima de 0,1mm

d) Indicador de carátula

Dos Indicadores de carátula con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

e) Cronómetro

Con alcance de medición de 30 minutos y división mínima de 1 segundo

f) Flexómetro

Flexómetro de 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.

4.2.6.3. Preparación

a) Encender la máquina de prueba 30 minutos antes de la aplicación de carga.

b) Colocar y centrar la placa o apoyo de neopreno sobre la platina de la máquina de compresión.

c) Verificar que la placa o dispositivo de carga esté funcionando correctamente.

d) Colocar los indicadores de carátula en los costados de la placa de carga de la máquina en dos lados opuestos entre sí. Los indicadores estarán situados lo más cerca posible del centro del apoyo.

e) Verificar el funcionamiento de los indicadores de carátula y revisar que el eje del vástago de cada uno de los indicadores estén perfectamente en posición vertical con respecto al plano de la platina de la máquina.

f) Se determinarán las dimensiones de las placas y apoyos integrales y se inspeccionarán para verificar que no tengan defectos ni suciedad tales como polvo, grasa, talco o materias extrañas.

g) Las medidas de las placas: largo, ancho y espesor, corresponderá a sus dimensiones exteriores.

h) Las medidas de los apoyos corresponderá a sus medidas exteriores; sin embargo, las medidas de los apoyos para el cálculo del factor de forma corresponderá a las dimensiones, largo y ancho de la lámina de acero de refuerzo interno; y el espesor, será el espesor efectivo de neopreno que se determina de acuerdo con el punto 3.3.2.3.e) de esta Guía.

4.2.6.4. Procedimiento

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 50 % $\pm$ 5% y libre de polvo.

a) Aplicar una carga equivalente al 5 por ciento del esfuerzo de compresión correspondiente a la carga máxima de diseño del apoyo, que es igual a la carga muerta más la carga viva, a una velocidad de 520 kPa/min (5,3 kg/cm²/min).

b) Mantener esta carga durante 2 min.

c) Registrar las lecturas de los indicadores al finalizar los 2 minutos.

d) Continuar la aplicación de la carga a la velocidad de 520 kPa/min (5,3 kg/cm²/min) hasta la carga máxima de diseño.

- e) Mantener esta carga durante 2 min.
- f) Registrar las lecturas de los indicadores al finalizar los 2 minutos.
- g) Descargar la máquina.
- h) Retirar el apoyo ensayado de la máquina.

4.2.6.5. Cálculos

- a) Determinar la diferencia de lecturas de los indicadores 1 y 2 a las cargas de 5% y 100 de la máxima de proyecto:

$$d_1 = L_{1-100\%} - L_{1-5\%}$$

$$d_2 = L_{2-100\%} - L_{2-5\%}$$

En donde:

d_1 = diferencia de lecturas de deformación del indicador 1 ante cargas del 5% y 100% de la máxima del proyecto.

d_2 = diferencia de lecturas de deformación del indicador 2 ante cargas del 5% y 100% de la máxima del proyecto.

$L_{1-5\%}$ = Lectura del indicador 1 al 5% de la carga máxima de proyecto.

$L_{1-100\%}$ = Lectura del indicador 1 a la carga máxima de proyecto.

$L_{2-5\%}$ = Lectura del indicador 1 al 5% de la carga máxima de proyecto.

$L_{2-100\%}$ = Lectura del indicador 1 a la carga máxima de proyecto.

- b) Cálculo de la deformación por compresión a la carga máxima de proyecto, %

$$D_c = \frac{d_1 + d_2}{2t} 100$$

En donde:

D_c = Deformación por compresión a la carga máxima de proyecto, %

t = Espesor efectivo del apoyo

4.2.6.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, carga de prueba, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.2.6.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los tres sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se

recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente capacitado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

4.2.7. Prueba de compresión inclinada para módulo cortante

4.2.7.1. Objetivo de la prueba

Determinar el módulo cortante de los apoyos elastoméricos de tamaño real, de la curva fuerza a la compresión – desplazamiento, después de tres ciclos de acondicionamiento a 65 por ciento de deformación.

4.2.7.2. Equipo

a) Una máquina de compresión

Con capacidad suficiente para aplicar la carga a un par de apoyos de ensayo colocados entre tres placas metálicas inclinadas como se muestra en la Figura 4.14.

b) Dos placas de acero o de aluminio y superficie superior rugosa, con una inclinación que puede variar de 1:10 a 1:20. Las dimensiones serán superiores a las del apoyo de prueba. El espesor mínimo de las placas de aluminio será de 12 mm. Las placas superior e inferior se fijarán a la máquina de ensayo.

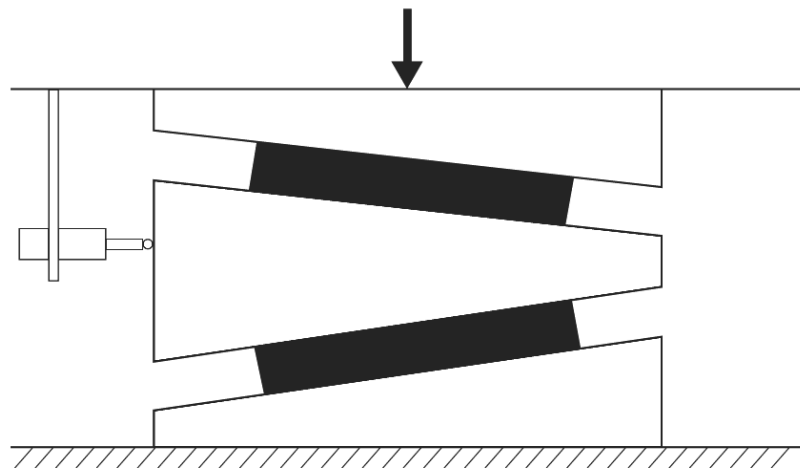


Figura 4.14 Dispositivo para la prueba de compresión inclinada.

c) Una placa de acero o de aluminio con sus dos superficies, superior e inferior, rugosas, con inclinación que puede variar de 1:10 a 1:20. Las dimensiones serán superiores a las del apoyo de prueba. El espesor mínimo de la placa de aluminio será de 12 mm.

d) Las superficies o caras de las placas fijadas a la máquina, que están en contacto con los apoyos, deberán ser rugosas para prevenir deslizamiento de los apoyos durante la prueba. La rugosidad se puede realizar con una herramienta que se utiliza para raspar las superficies de hormigón, desbastado con arena u otros medios equivalentes. También se pueden utilizar las ranuras mediante fresadas no mayor de 1 mm para el mismo propósito.

e) Calibrador

Calibrador tipo mauser de 200 mm y división mínima de 0,1mm

f) Indicador de carátula

Con alcance de medición de 25 mm y división mínima de 0,01 mm.

g) Cronómetro

Con alcance de medición de 30 minutos y división mínima de 1 segundo.

h) Flexómetro

De 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.

4.2.7.3. Preparación

a) Los apoyos elastoméricos deben ser de espesor uniforme y de sección rectangular o circular. El espesor no será inferior a 6 mm. La longitud y el ancho de cada uno no será menor a cuatro veces el espesor.

b) Las placas de neopreno deben ser unidas a placas rígidas sobre ambas superficies, superior e inferior.

c) El sistema de unión no debe requerir una temperatura de curado superior a 40 °C. Estas placas serán de sección rectangular y pueden ser de acero dulce, con dimensiones ligeramente superior a las dimensiones de los apoyos y espesor ≥ 5 mm.

e) Medir la longitud, el ancho y el espesor total de elastómero de los apoyos para determinar el área media de la sección transversal (A) y el espesor promedio del elastómero (t) del apoyo.

f) Los apoyos con refuerzo de acero deberán ser probados con o sin placas adheridas.

g) Las superficies de contacto de los apoyos que no están unidas a placas de acero se limpiarán para eliminar cualquier tipo de residuo.

h) Dar tiempo suficiente para lograr la resistencia adecuada en las uniones de placas de neopreno con placas de acero y acondicionar la muestra a una temperatura de prueba de 23 ± 2 °C por lo menos 8 horas antes de la prueba, a menos que se especifique otra temperatura de ensayo.

4.2.7.4. Procedimiento

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de 23 ± 2 °C, humedad relativa de 50 % $\pm$ 5 % y libre de polvo.

a) Colocar los apoyos entre las placas de acero inclinadas hasta que las superficies de apoyos y placas de acero estén en contacto.

b) Colocar los dos indicadores de carátula en el cabezal de la máquina y el vástago sobre la placa metálica central tal como se muestra en la Figura 4.14.

c) Aplicar la carga en forma continua hasta lograr una deformación del 65 por ciento del espesor promedio del apoyo y descargar de la misma forma, en un intervalo de tiempo de 4 a 6 minutos. En todos los ciclos de descarga, la carga mínima será de 5 kN (510 kg) o 2 por ciento de la carga máxima, lo que sea menor.

d) Si existe algún indicio de deslizamiento de los apoyos o de falla de la unión de las placas rígidas y la placa de neopreno durante la prueba, preparar nuevamente las muestras y repetir la prueba.

Llevar a cabo cuatro ciclos de carga y descarga sucesivas a una deformación igual a 65 por ciento del espesor promedio de la placa o apoyo.

e) Si la placa inclinada central no regresa a la misma posición aproximada después de los dos últimos ciclos de descarga sucesivos, pudo haber ocurrido un deslizamiento entre el apoyo o placa de neopreno y las placas inclinadas, lo cual debe ser remediada para que la prueba sea válida.

4.2.7.5. Cálculo

a) Determinar el módulo cortante a partir del cuarto ciclo de carga de la curva fuerza de compresión vs desplazamiento como se muestra en la Figura 4.15.

b) Tomar un punto de origen fuerza F_1 y deformación X_1 , donde F_1 es igual a 5 kN (510 kg) o el 2 por ciento de la fuerza máxima en el cuarto ciclo, lo que sea menor.

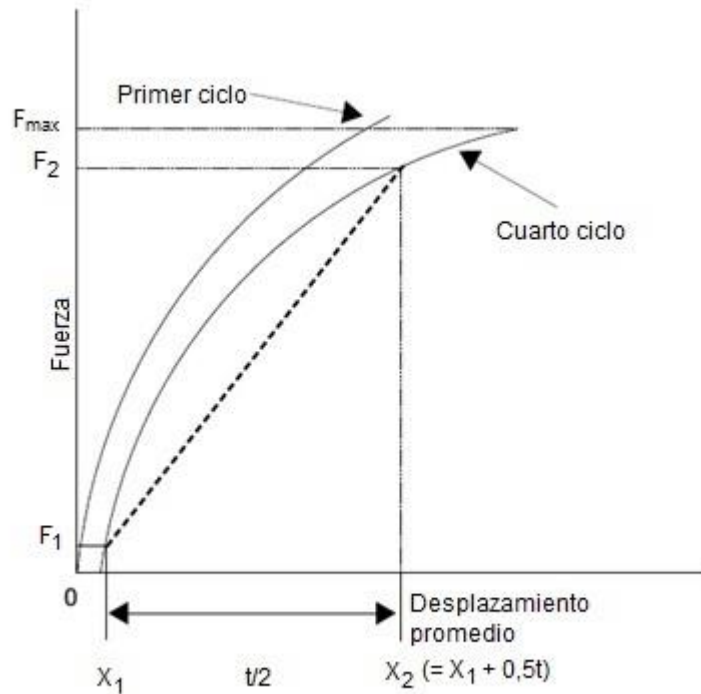


Figura 4.15 Fuerza de compresión vs desplazamiento por cortante.

c) Determinar la fuerza F_2 de la gráfica para una deformación $X_2 = X_1 + 0,5t$, donde t es el espesor efectivo de neopreno del espesor total del apoyo (espesor total del apoyo menos el espesor total de todas las laminados de acero de refuerzo).

d) Calcular el módulo cortante mediante la siguiente ecuación.

$$M_c = \frac{2(F_2 - F_1)}{A \cdot n}$$

En donde:

M_c = Módulo cortante

F_1 = Fuerza inicial aplicada en los ciclos de carga, igual a 5 kN (510 kg) o el 2% de la fuerza máxima aplicada en el cuarto ciclo.

F_2 = Fuerza determinada gráficamente a partir del valor de $X_2 = X_1 + 0,5t$

A = Área de la sección transversal de la placa o apoyo

n = pendiente de las placas inclinadas del dispositivo de prueba

Para una relación de inclinación 1:n de las placas . El factor n convierte la fuerza de compresión vertical a una fuerza cortante horizontal.

4.2.7.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.2.7.7. Causa más frecuente de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los tres sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente entrenado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

4.2.8. Prueba de compresión 1,5 veces la carga máxima de diseño

4.2.8.1. Objetivo de la prueba

Verificar visualmente el estado de la placa o apoyo de neopreno durante la aplicación de una carga igual a 1,5 veces la carga máxima de diseño.

4.2.8.2. Equipo

a) Máquina de compresión

Con capacidad suficiente para aplicar una carga 1,5 veces la carga máxima igual a la carga muerta más la carga viva en compresión, de manera suave y sin impactos.

b) Dispositivo para aplicación de carga

Consistente en una placa de acero principal de 19,05 mm de espesor, con rotula; construida en forma piramidal con placas de igual espesor para asegurar la rigidez de la placa principal cuyas dimensiones serán 25 mm mayor, como mínimo, que las de la placa o de apoyo de neopreno por ensayar.

c) Medidor de grietas

Como el empleado para medir grietas en concreto hidráulico (Figura 4.16).

d) Cronómetro

Con alcance de medición de 30 minutos y división mínima de 1 segundo

e) Flexómetro

Flexómetro de 2000 mm de longitud con división mínima de 1 mm.

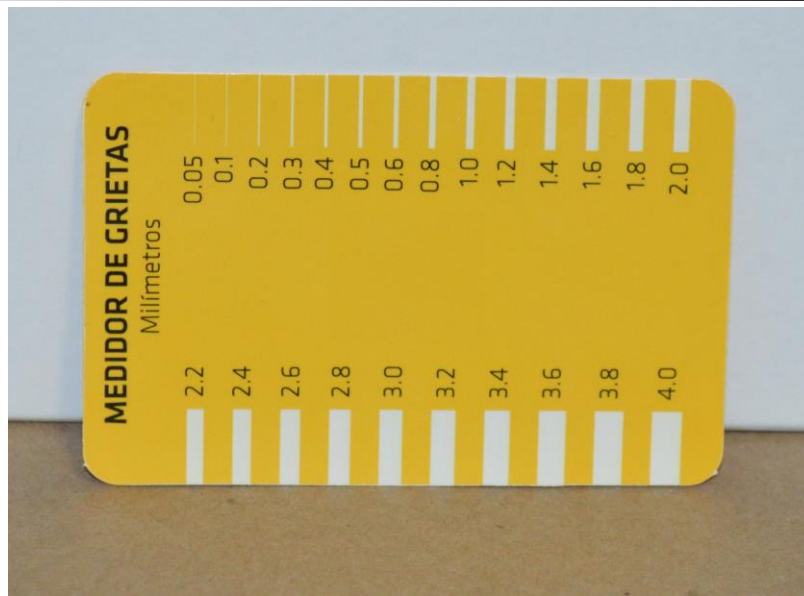


Figura 4.16 Medidor de grietas.

4.2.8.3. Preparación

- Encender la máquina de prueba 30 minutos antes de la aplicación de carga.
- Colocar y centrar la placa o apoyo de neopreno sobre la platina de la máquina de compresión.
- Verificar que la placa o dispositivo de carga esté funcionando correctamente.
- Se determinarán las dimensiones de las placas y apoyos integrales y se inspeccionarán para verificar que no tengan defectos ni suciedad tales como polvo, grasa, talco o materias extrañas.
- Las medidas de las placas: largo, ancho y espesor, corresponderá a sus dimensiones exteriores.

4.2.8.4. Procedimiento

El laboratorio estará en las siguientes condiciones: temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $50\% \pm 5\%$ y libre de polvo.

- Aplicar una carga equivalente a 1,5 veces la carga máxima de diseño de la placa o apoyo, que es igual a la carga muerta más la carga viva, en un tiempo no mayor de 1 minuto.
- Mantener esta carga durante 5 min.
- Descargar la máquina.
- Aplicar nuevamente la carga equivalente a 1,5 veces la carga máxima de diseño en un tiempo no mayor de 1 minuto.
- Mantener esta carga durante 5 min.
- Revisar el estado del apoyo, después de los 5 minutos, en búsqueda de defectos en forma de grietas o de grietas generadas por la sobrecarga, empleando el medidor de grietas.
- Registrar las dimensiones de los defectos encontrados.

h) Descargar la máquina.

i) Retirar el apoyo ensayado de la máquina.

4.2.8.5. Cálculos

a) Clasificar las grietas, de acuerdo con sus medidas, ancho y profundidad, si se observaron.

b) Si se observaron deformaciones excesivas o irregulares, verificar si éstas se deben a una colocación inadecuada del acero de refuerzo o por falta de adherencia de éste con el neopreno.

Si la placa o apoyo presenta tres grietas superficiales mayores de 2 mm de profundidad y 2 mm de ancho o una sola grieta de más de 3 mm de profundidad o de más de 6 mm de anchos, el lote será rechazado.

Para apoyos, si el patrón de deformación observado se debe a una colocación inadecuada de las láminas de acero de refuerzo que no satisface los criterios de diseño y tolerancias de fabricación, o si sugiere una pobre adherencia de las láminas de acero, el lote será rechazado.

4.2.8.6. Reporte

El reporte incluirá la descripción del material analizado, su procedencia, el procedimiento empleado en su análisis, carga de prueba, el resultado obtenido, fecha y obra donde será empleado.

4.2.8.7. Causas más frecuentes de errores y precauciones para evitarlos

La instrumentación de la prueba requiere de atención y cuidado para efectuar las mediciones de los tres sistemas de medición que intervienen, descuidar cualquiera de ellos conllevará a resultados erróneos. Se recomienda que el personal que realice la prueba esté debidamente capacitado en el manejo y operación del equipo e instrumentos empleados.

4.2.9. Formatos para informe de resultados

Se presentan a continuación los formatos requeridos para el registro de los resultados de pruebas de laboratorio de placas y apoyos integrales de neopreno, incluyendo la recepción y entrega de los mismos.

4.2.9.1. FORMATO 4.1.- Recepción de placas o de apoyos de neopreno en el laboratorio.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

REQUISITOS DE LA SOLICITUD DE ENSAYE DE PLACAS Y/O APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

		Observaciones
Solicitante		
Razón social de la empresa		
Registro federal de causantes		
Domicilio fiscal		
Nombre y cargo del firmante de la solicitud		
Correo electrónico y teléfono del firmante		
Domicilio para recibir correspondencia		
Nombre y correo electrónico del Residente por parte de la empresa		
Descripción de la obra		
Nombre de la obra: puente, puente canal, viaducto, entronque, psv, piv, etc.		
Ubicación: carretera o vialidad, km, cruce de calles, cruce de río, etc.		
Entidad federativa		
Descripción del material		
Placas de neopreno, circular o rectangular		
Apoyo integral de neopreno tipo sándwich, circular o rectangular		
Número de placas de acero		
Apoyo de neopreno tipo encapsulado		
Especificación		
Presión de prueba, kg/cm ²		
Dureza Shore "A"		
Dependencia que tiene a su cargo la obra		
Federal		
Estatal		
Municipal		
Concesionaria		
Fabricante o distribuidor		
Nombre, domicilio, teléfono, correo electrónico		
OBSERVACIONES:		

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS SCT

4.2.9.3.FORMATO 4.3.-Determinación del tamaño de muestra y muestreo aleatorio de los neoprenos seleccionados para ensaye y para prueba destructiva.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

MUESTREO DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA															HOJA NUM.					2/2				
UBICACIÓN															REGISTRO PE									
SOLICITANTE															FECHA RECIBO									
															FECHA INFORME									
															NUM. ENSAYE									
Cantidad de especímenes en el lote =										Número de columna C =					Número de renglón R =									
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520					
521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540					
541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560					
561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580					
581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600					
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620					
621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640					
641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660					
661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680					
681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700					
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720					
721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740					
741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760					
761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780					
781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800					
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820					
821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840					
841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860					
861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880					
881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900					
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920					
921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940					
941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960					
961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980					
981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	000					
El Laboratorista										El Jefe de Laboratorio														

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS SCT

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

MUESTREO DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA _____	HOJA NUM. _____ 1/2
UBICACIÓN _____	REGISTRO PE _____
SOLICITANTE _____	FECHA RECIBO _____
_____	FECHA INFORME _____
_____	NUM. ENSAYE _____

Cantidad de especímenes en el lote = _____	Número de columna C = _____	Número de renglón R = _____
---	------------------------------------	------------------------------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500

_____ El Laboratorista	_____ El Jefe de Laboratorio
---------------------------	---------------------------------

MEDICION DE ESPESORES DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA UBICACIÓN SOLICITANTE HOJA NUM. REGISTRO PE FECHA RECIBO FECHA INFORME NUM. ENSAYE																		
Descripción de la muestra																		
Recubrimiento Exterior		Espesor, mm				Largo, mm				Ancho, mm								
		1	2	3	4	Prom.	1	2	3	4	Prom.	1	2	3	4	Prom.		
Recubrimiento superior																		
Recubrimiento inferior																		
Cubierta lateral																		
Placas internas de acero																		
Largo, mm		Ancho, mm		Espesor, mm				Num.		Placas internas de neopreno								
1	2	1	2	Prom.	1	2	Prom.	1	2	3	4	Dif.						
1								0										
2								1										
3								2										
4								3										
5								4										
6								5										
7								6										
8								7										
9								8										
10								9										
11								10										
12								11					Total dif. =					
												El Laboratorio					El Jefe de Laboratorio	

4.2.9.5.FORMATO 4.4b.-Determinación de espesores.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

MEDICION DE ESPESORES DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA		HOJA NUM.	
UBICACIÓN		REGISTRO PE	
SOLICITANTE		FECHA RECIBO	
		FECHA INFORME	
		NUM. ENSAYE	
Descripción de la muestra			
Cálculo del factor de forma de placas o apoyos.	$F_f = \frac{Largo \times Ancho}{2(Largo + Ancho)^{1.27}} =$	Cálculo de la relación longitud a altura del apoyo.	$R_L = \frac{Longitud\ nominal}{Efectivo\ de\ neopreno} =$
Cálculo de la falta de uniformidad en placas de neopreno.	Largo y ancho de placas de neopreno y largo y ancho de las placas de acero en apoyos $S = \frac{Emax - Emin}{Emax} \times 100 =$	Cálculo de la relación ancho a altura del apoyo.	$R_A = \frac{Ancho\ nominal}{Efectivo\ de\ neopreno} =$
Cálculo del paralelismo de las placas de acero en apoyos.	$P = \frac{Total\ Dif\ de\ espesores}{Efectivo\ neopreno} \times 100 =$		
Dif: es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de los espesores medidos desde la base del apoyo hasta la base de cada una de las placas de acero. Espesor efectivo de neopreno: - Si el factor de forma de todas las capas de neopreno del apoyo integral es menor de 12, el espesor efectivo de neopreno, será igual a la altura total del apoyo, menos el espesor total del refuerzo interno. - Cuando el factor de forma excede de (12), el espesor efectivo de neopreno será igual a la altura total del apoyo menos el espesor total del refuerzo interno, menos el espesor de las capas con factores de forma mayor o igual que doce (12).			
El Laboratorio		El Jefe de Laboratorio	

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS SCT

4.2.9.6.FORMATO 4.5.-Prueba de dureza Shore “A”.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

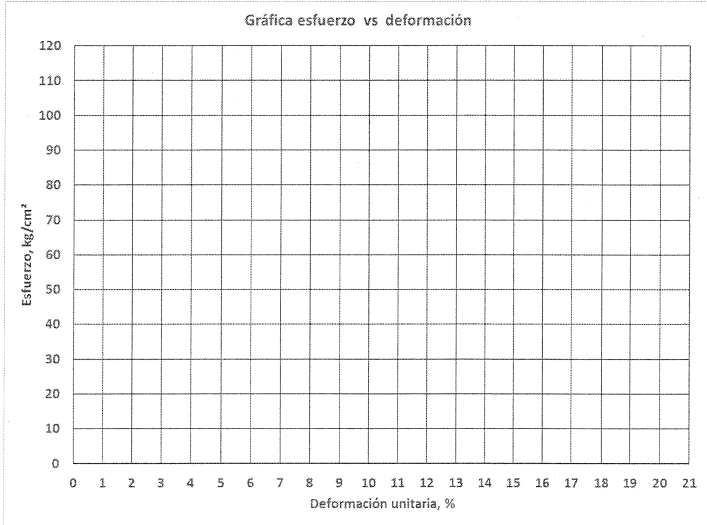
MEDICION DE DUREZA SHORE “A” DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA _____ UBICACIÓN _____ SOLICITANTE _____ _____ _____	HOJA NUM. _____ REGISTRO PE _____ FECHA RECIBO _____ FECHA INFORME _____ NUM. ENSAYE _____	
Descripción de la muestra		
Cantidad = _____	Dureza Shore “A” = _____ Largo, mm = _____ Ancho, mm = _____ Espesor, mm = _____	
Núm.	Lecturas de dureza	Observaciones
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Promedio	
Promedio del lote _____ Desviación std. _____ Valor mínimo _____ Valor máximo _____		
_____ El Laboratorista		_____ El Jefe de Laboratorio

4.2.9.8.FORMATO 4.7.-Prueba de esfuerzo-deformación por compresión.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

PRUEBA ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN

OBRA UBICACIÓN SOLICITANTE	HOJA NUM. _____ REGISTRO PE _____ FECHA RECIBO _____ FECHA INFORME _____ NUM. ENSAYE _____																																																															
DIMENSIONES DE LA MUESTRA																																																																
Longitud = _____	Ancho = _____ Espesor = _____ Área = _____																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Núm. de incrementos</th> <th colspan="2">Deformación</th> <th>Carga</th> <th rowspan="2">Esfuerzo Kg/cm²</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>Por ciento</th> <th>kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Núm. de incrementos	Deformación		Carga	Esfuerzo Kg/cm ²	mm	Por ciento	kg	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					12				
Núm. de incrementos	Deformación		Carga	Esfuerzo Kg/cm ²																																																												
	mm	Por ciento	kg																																																													
1																																																																
2																																																																
3																																																																
4																																																																
5																																																																
6																																																																
7																																																																
8																																																																
9																																																																
10																																																																
12																																																																
Gráfica esfuerzo vs deformación 																																																																
_____ El Laboratorista	_____ El Jefe de Laboratorio																																																															

4.2.9.9.FORMATO 4.8.-Prueba de esfuerzo cortante, módulo "G".

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

PRUEBA DE ESFUERZO CORTANTE MODULO "G"

OBRA UBICACIÓN SOLICITANTE		HOJA NUM. _____ REGISTRO PE _____ FECHA RECIBO _____ FECHA INFORME _____ NUM. ENSAYE _____					
DIMENSIONES DE LA MUESTRA							
Longitud (b) = _____		Ancho (a) = _____					
Área = _____		Espesor efectivo (t)= _____					
Incre- mentos	Fuerza (H) kg	Desplazamiento (U), mm				$\tan \gamma = \frac{U}{t}$	$G = \frac{H}{ab \cdot \tan \gamma} =$ $G = \frac{()}{() () ()} =$
		Primer ciclo Segundo ciclo					
		Carga	Descarga	Carga	Descarga		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Gráfica fuerza horizontal - tangente γ

 El Laboratorista

 El Jefe de Laboratorio

4.2.9.11. FORMATO 4.10.-Compresión a carga máxima.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS

Subdirección de Laboratorios

PRUEBA DE COMPRESIÓN A LA CARGA MÁXIMA DE DISEÑO

OBRA	HOJA NUM.		
UBICACIÓN	REGISTRO		
SOLICITANTE	PE		
	FECHA		
	RECIBO		
	FECHA		
	INFORME		
	NUM. DE ENSAYE		
Dimensiones y datos de proyecto			
Presión de Prueba, kg/cm² =	Área, cm² =		Carga, kg =
Largo, mm =	Ancho, mm =	Espesor, mm =	Espesor efectivo (t), mm =
Deformación indicador d_1		Deformación indicador d_2	
Lectura 5% carga máxima de proyecto, L_1	Lectura a 100% carga máxima de proyecto, L_2	Lectura 5% carga máxima de proyecto, L_3	Lectura 100% de la carga máxima de proyecto, L_4
$d_1 = L_2 - L_1$		$d_2 = L_4 - L_3$	
$D_c = \frac{d_1 + d_2}{2t} \cdot 100$ $D_c = \frac{() + ()}{2()} \cdot 100$ $D_c = \text{-----} \%$			
OBSERVACIONES:			
El Laboratorista		El Jefe de Laboratorio	
_____		_____	

4.2.9.12. FORMATO 4.11.-Prueba de compresión a 1,5 veces la carga máxima de diseño.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

PRUEBA DE COMPRESIÓN A 1,5 VECES LA CARGA MÁXIMO DE DISEÑO

OBRA _____	HOJA NUM. _____
UBICACIÓN _____	REGISTRO PE _____
SOLICITANTE _____	FECHA RECIBO _____
_____	FECHA INFORME _____
_____	NUM. DE ENSAYE _____

Dimensiones y datos de proyecto =

Presión de Prueba, kg/cm ² = _____	Área, cm ² = _____	Carga, kg = _____
Largo, mm = _____	Ancho, mm = _____	Espesor, mm = _____

Grietas

Número	Vertical (V) u Horizontal (H)	Dimensiones, mm	Observaciones

¿Las grietas se observan alineadas con el acero o con la capa de neopreno? _____

¿La placa o apoyo presenta tres grietas superficiales mayores de 2 mm de profundidad y 2 mm de ancho o una sola grieta de más de 3 mm de profundidad o de más de 6 mm de anchos? _____

El patrón de deformación observado se debe a una colocación inadecuada de las láminas de acero de refuerzo porque no satisface los criterios de diseño y tolerancias de fabricación, o por una pobre adherencia de las láminas de acero con el neopreno? _____

Deformaciones

¿Las deformaciones a lo largo de las caras laterales de la placa o del apoyo son uniformes? _____

¿Las deformaciones de las caras laterales en los extremos son uniformes? _____

¿El abultamiento que se observa en las caras laterales es debido al acero o a la capa de neopreno? _____

¿Se aprecia el asomo del acero en la cara lateral? _____

El Laboratorista

El Jefe de Laboratorio

4.2.9.13. FORMATO 4.12a Informe final.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

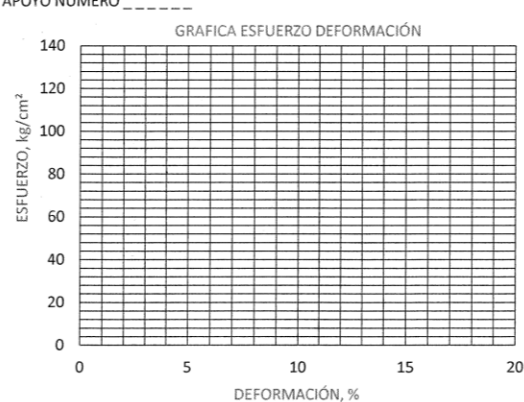
INFORME DE PRUEBAS DE PLACAS Y/O APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA	_____	HOJA NUM.	_____
UBICACIÓN	_____	REGISTRO PE	_____
SOLICITANTE	_____	FECHA RECIBO	_____
	_____	FECHA INFORME	_____
	_____	NUM. ENSAYE	_____
	_____	NUM. ENSAYE	_____
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:			
PRUEBAS REALIZAS:			
TRABAJOS EJECUTADOS:			
RESULTADOS			
	Mínimo	Máximo	
Deformación en %			
Dureza Shore "A", en grados			
Resultados de la prueba de la flama			
Apoyos seccionados			
OBSERVACIONES:			
El Laboratorista	El Jefe del Departamento	El Subdirector de Laboratorios	
_____	_____	_____	

4.2.9.14. FORMATO 4.12b Informe final.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

GRAFICAS ESFUERZO DEFORMACIÓN DE PLACAS Y/O APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA _____ UBICACIÓN _____ SOLICITANTE _____	HOJA NUM. _____ REGISTRO PE _____ FECHA RECIBO _____ FECHA INFORME _____ NUM. ENSAYE _____	
APOYO NUMERO _____ 	APOYO NUMERO _____ 	
APOYO NUMERO _____ 	APOYO NUMERO _____ 	
El Laboratorista _____	El Jefe de la Sección _____	El Jefe de Laboratorio _____

4.2.9.15. FORMATO 4.12c Informe final.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
Subdirección de Laboratorios

RESULTADOS DE PRUEBAS DE COMPRESIBILIDAD Y DUREZA DE PLACAS Y/O APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA _____					HOJA NUM. _____				
UBICACIÓN _____					REGISTRO PE _____				
SOLICITANTE _____					FECHA RECIBO _____				
_____					FECHA INFORME _____				
_____					NUM. DE ENSAYE RM _____				
_____					NÚMERO DE APOYOS _____				

MUESTRA					Dimensiones en mm			ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS		
CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ESPEJOR	No. LÁM ACERO	NUMERACIÓN LOTES	PRESIÓN, kg/cm ²	DUREZA SHORE A			

TRABAJOS EJECUTADOS

RESULTADOS

MEDICIONES	APOYO			ACERO			RECUB			APOYO			ACERO			RECUB		
Largo, mm																		
Ancho, mm																		
Espesor, mm																		

RESULTADOS DUREZA Y DEFORMACIÓN	DUREZA SHORE A			DUREZA SHORE A			DUREZA SHORE A			DUREZA SHORE A		
		mm	%		mm	%		mm	%		mm	%
Promedio												
Desv. estándar												
Coef. De variación												
Valor mínimo												
Valor máximo												

OBSERVACIONES:

Apoyos seccionados

Apoyos que no satisfacen requisito de dureza

Apoyos con deformación superior al establecido

Resultados de la prueba de la flama

El Laboratorista	El Jefe de la Sección	El Jefe de Laboratorio
_____	_____	_____

SALIDA

[illegible]

CAPÍTULO 5

ALGORITMO PARA PROGRAMAR LA FABRICACIÓN Y ENSAYE DE PLACAS Y APOYOS DE NEOPRENO

CAPÍTULO 5

ALGORITMO PARA PROGRAMAR LA FABRICACIÓN Y ENSAYE DE PLACAS Y APOYOS DE NEOPRENO

5.1. Solicitud de ensaye de placas y apoyos integrales de neopreno

El proceso para verificar la calidad de las placas y apoyos integrales de neopreno comienza desde la fabricación, traslado a las instalaciones de laboratorio, trámites de cobro, ensaye y traslado a la obra. Es importante que el constructor tome en cuenta la disponibilidad de fabricantes de las placas y apoyos integrales de neopreno, así como de laboratorios para el ensaye. El tiempo a considerar desde la fabricación, traslado al laboratorio, trámites de pago, ensaye y traslado a la obra es de alrededor de 60 días.

5.1.1. Requisitos de la solicitud de ensaye de placas y apoyos integrales neopreno

a) Información del solicitante: razón social de la empresa, lugar y fecha, domicilio para recibir correspondencia, teléfono, correo electrónico del solicitante; teléfono y correo electrónico del residente de la obra por parte de la SCT o de cualquier otra Dependencia de gobierno o de particulares; nombre, cargo y firma del solicitante.

b) Descripción de la estructura: puente, viaducto, entronque, paso superior vehicular (PSV), paso inferior vehicular (PIV), paso superior de ferrocarril (PSF), paso inferior de ferrocarril (PIF), paso inferior peatonal (PIP), paso inferior ganadero (PIG), puente canal, puente ducto, o cualquier otra denominación con la que se identifique la estructura.

c) Ubicación de la estructura: cadenamiento de la vialidad, cruce de vialidades, cruce sobre ríos; carretera, indicando origen y destino, de igual manera tramos y subtramos; las obras denominadas libramientos deben referirse a la desviación de una carretera que cruza una zona urbana.

d) Descripción de las placas y/o apoyos integrales de neopreno que se pretenden ensayar: longitud, ancho, espesor, número de placas de acero de refuerzo y cualquier otra información que ayude a describir mejor las características del producto.

e) Datos de proyecto: presión de prueba y dureza que se deben considerar para el ensaye de las placas y/o apoyos integrales de neopreno. La presión de prueba es un dato que se debe obtener a través de un diseño de las placas y apoyos integrales tomando en cuenta las dimensiones, largo, ancho, espesor y las características y propiedades del neopreno, así como las solicitudes a las que estará sometido.

5.1.2. Recepción de las placas y/o apoyos integrales de neopreno en el laboratorio

a) Revisar que la solicitud contenga todos los requisitos arriba planteados.

b) Designar el lugar de almacenamiento de las placas o apoyos integrales de neopreno por ensayar. Revisar físicamente las placas o apoyos integrales de neopreno verificando dimensiones, cantidad y que no presente defectos visibles.

c) Registrar la solicitud en una base de datos para el control de ingreso, pago, avances posteriores y egreso.

d) Entregar el presupuesto de ensaye al solicitante para que realice los trámites y el pago correspondientes.

e) El solicitante entregará una copia del comprobante de pago emitido por la SCT en el laboratorio para constancia lo cual se registra en una base de datos y finalmente se programan los ensayos.

5.1.3. Preparación y ejecución de las pruebas en placas y/o apoyos integrales de neopreno

La programación de las pruebas de laboratorio depende de la cantidad de apoyos recibidos, el pago oportuno del servicio por parte del solicitante y la capacidad instalada para ejecutar las pruebas.

a) Llenar los formatos de cada una de las pruebas por realizar con la información del solicitante, obra, cantidad y dimensiones de las placas o apoyos de neopreno por ensayar. Es conveniente crear un archivo electrónico en donde cada uno de los formatos estén vinculados para que cuando se llenen los datos en uno se llenen todos los demás al mismo tiempo.

b) Enumerar cada uno de los apoyos del lote desde 1 hasta número total del lote con fines de realizar el muestreo aleatorio. Esta numeración es independiente de los números con que se identifican y marcan las placas o apoyos. Estos números pueden borrarse durante el proceso de marcado.

c) Determinar el tamaño de la muestra y seleccionar en forma aleatoria del lote (Formato 5.1), las placas o apoyos que serán ensayados; la placa o apoyo que le corresponda el último número aleatorio encontrado, en orden de aparición, se seleccionará para la prueba esfuerzo - deformación por compresión, y finalmente será seccionado para obtener la muestra para la prueba de la flama, los datos de espesor de las capas internas de neopreno, espesor de recubrimiento, espesor de la cubierta lateral y número y espesor del acero de refuerzo. Figura 5.1.

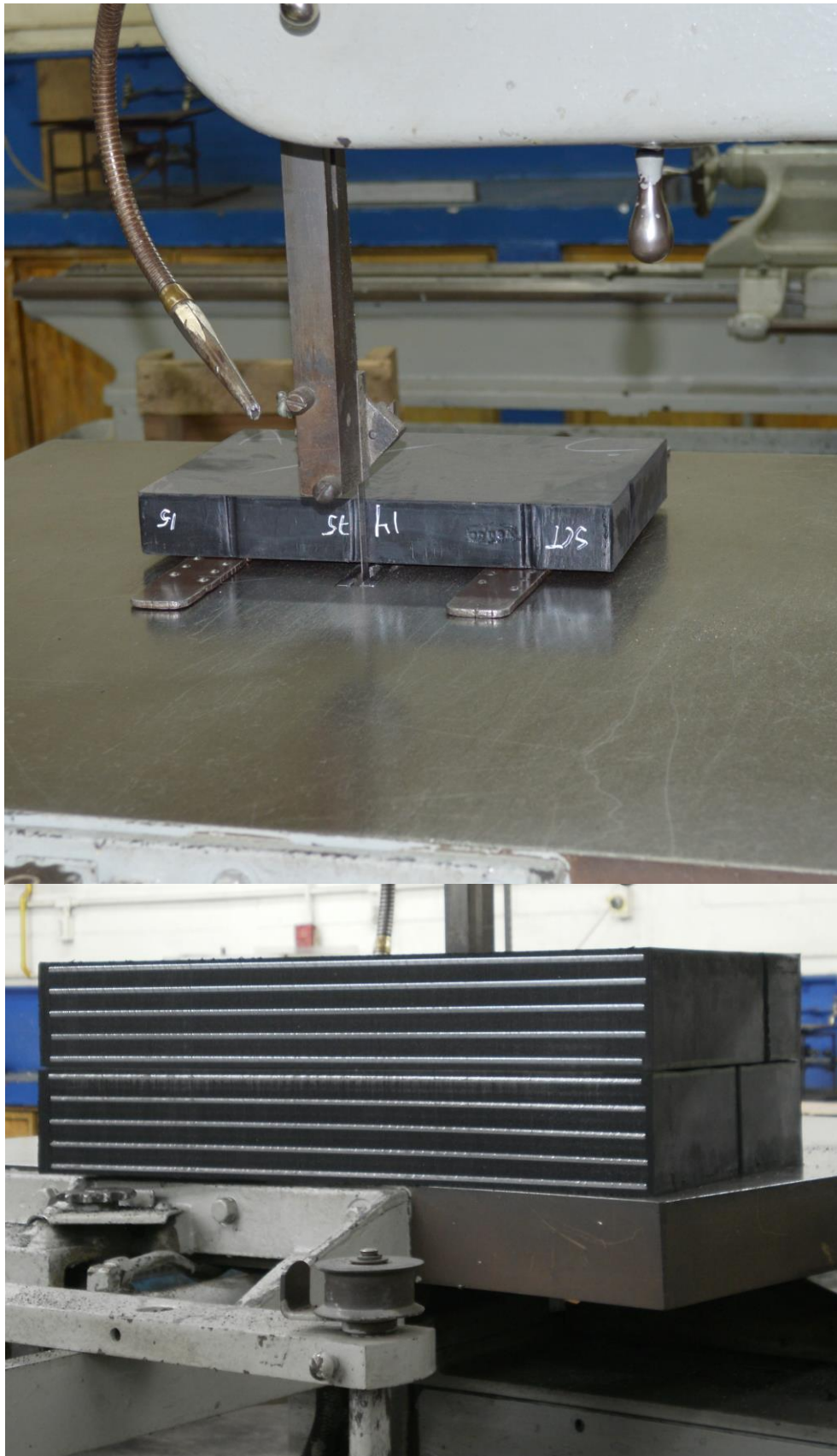


Figura 5.1 Seccionamiento de apoyos integrales.

d) Identificar cada una de las placas o apoyos integrales de neopreno del lote con las siglas SCT, un número consecutivo y el año en curso, lo cual se realiza con una pintura de un color que contraste con el del neopreno (Figura 5.2). Antes de realizar el marcado, es necesario limpiar con alcohol isopropílico la cara lateral de la placa o apoyo y después aplicar el promotor de adherencia.

SCT

NÚMERO CONSECUTIVO

AÑO



Figura 5.2 Marcado de apoyos integrales de neopreno.

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS SCT

Formato 5.1 Muestreo aleatorio de placas o apoyos integrales de neopreno.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Subdirección de Laboratorios

MUESTREO DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA _____	HOJA NUM. 1/2
UBICACIÓN _____	REGISTRO PE _____
SOLICITANTE _____	FECHA RECIBO _____
_____	FECHA INFORME _____
_____	NUM. ENSAYE _____

Cantidad de especímenes en el lote =	Número de columna C =	Número de renglón R =
---	------------------------------	------------------------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500

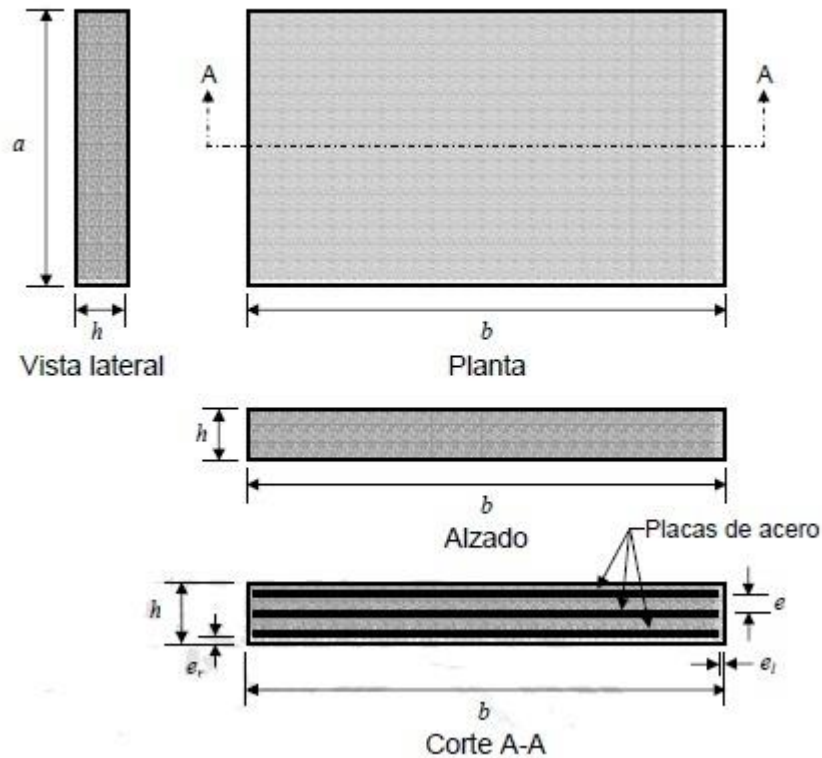
_____ El Laboratorista	_____ El Jefe de Laboratorio
---------------------------	---------------------------------

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS SCT

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Subdirección de Laboratorios

MUESTREO DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

OBRA														HOJA NUM.						2/2	
UBICACIÓN														REGISTRO PE							
SOLICITANTE														FECHA RECIBO							
														FECHA INFORME							
														NUM. ENSAYE							
Cantidad de especímenes en el lote =										Número de columna C =					Número de renglón R =						
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520		
521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540		
541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560		
561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580		
581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600		
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620		
621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640		
641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660		
661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680		
681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700		
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720		
721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740		
741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760		
761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780		
781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800		
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820		
821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840		
841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860		
861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880		
881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900		
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920		
921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940		
941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960		
961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980		
981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	000		
El Laboratorista										El Jefe de Laboratorio											



h = espesor del apoyo integral, (mm)
 a y b = lados de la superficie de carga, (mm)
 e = espesor de las placas de neopreno, (mm)
 e_r = espesor del recubrimiento, (mm)
 e_l = espesor de la cubierta lateral, (mm)

Figura 5.3 Dimensiones de apoyos integrales de neopreno.

- e) Trasladar las placas o apoyos a la mesa de trabajo para efectuar la prueba de dureza Shore "A".
- f) Realizar la prueba de dureza en cada una de las placas o apoyos integrales de neopreno de la muestra (Formato 5.1), de acuerdo con el punto 4.1.3 de esta Guía.
- g) Trasladar todas las placas o apoyos integrales de la muestra al área de la máquina para la prueba de compresibilidad.
- h) Realizar la prueba de esfuerzo – deformación por compresión en el apoyo seleccionado, de acuerdo con 4.2.4 (Formato 4.7)



Figura 5.4 Determinación de la prueba de dureza.



Figura 5.5 Determinación de la deformación unitaria de apoyo integral de neopreno.

Formato 5.2 Formato para registro de datos de dureza de placas o apoyos integrales de neopreno.

MEDICION DE DUREZA SHORE "A" DE PLACAS Y APOYOS INTEGRALES DE NEOPRENO

113

- i) Ejecutar la prueba de compresibilidad en cada una de las placas o apoyos integrales restantes, de acuerdo con 4.2.3. Formato 5.3 de esta Guía.
- j) Enviar al taller el apoyo seleccionado para su seccionamiento.
- k) Obtener la muestra de las porciones en que fue seccionado la placa o apoyo para la prueba de la flama
- l) Efectuar las mediciones de espesores de las capas internas de neopreno: espesor de recubrimiento, espesor de cubierta lateral y número y espesor del acero de refuerzo. Registrar resultados en el Formato 4.4.

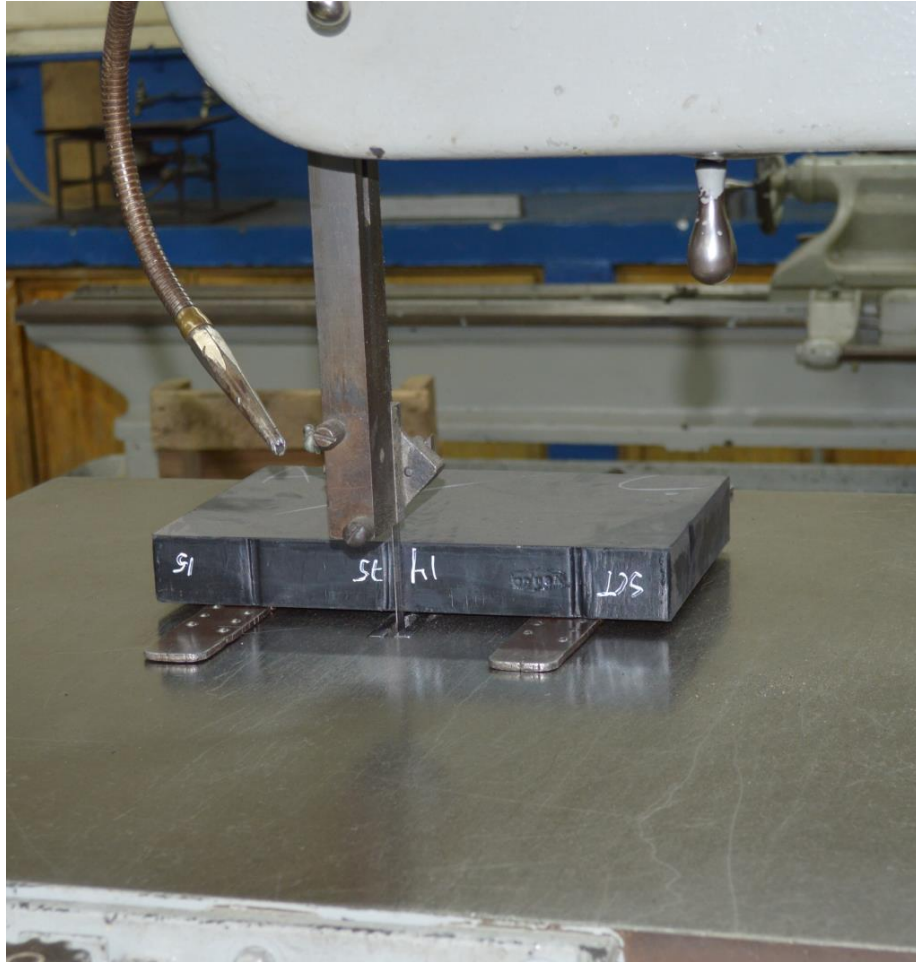


Figura 5.6 Seccionamiento de un apoyo integral de neopreno.

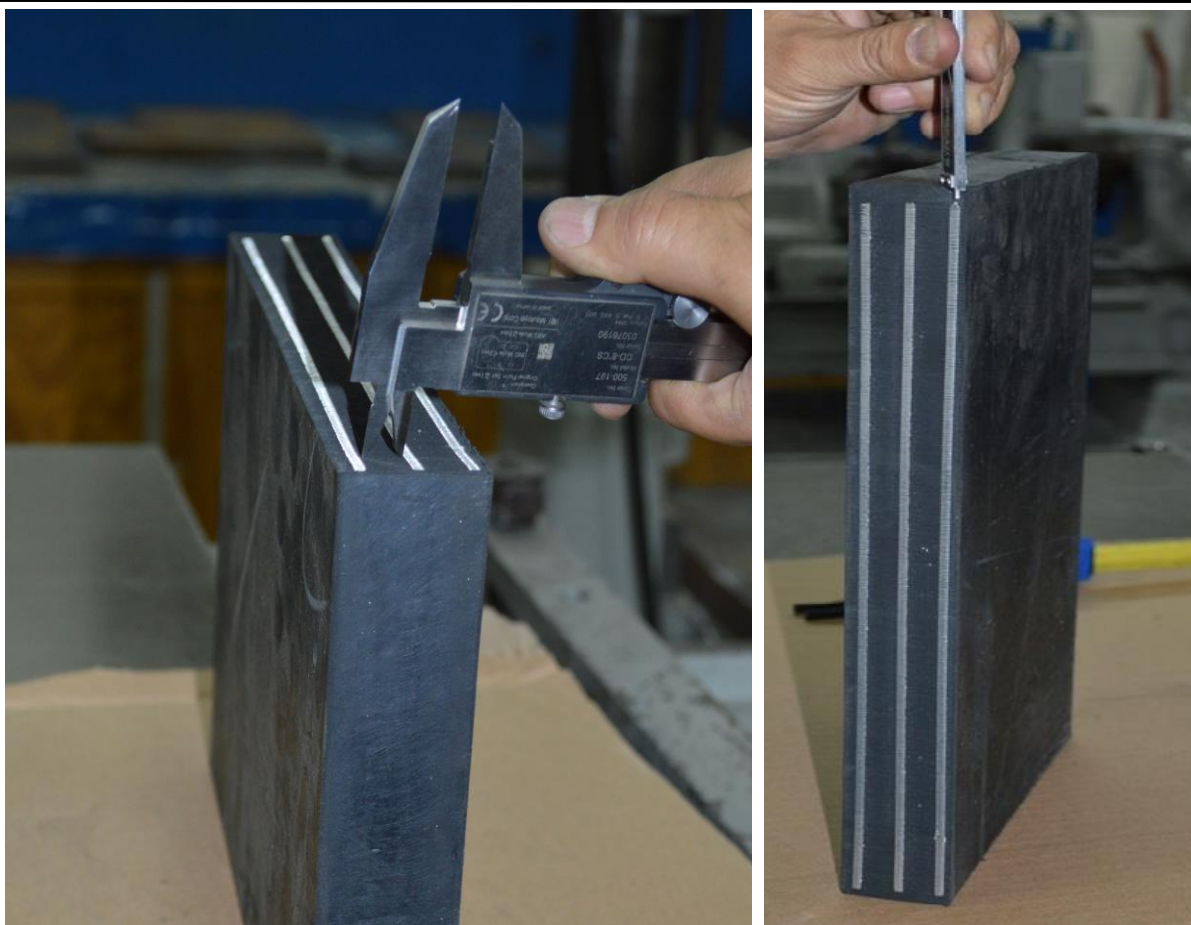


Figura 5.7 Medición de espesores: capas internas de neopreno, recubrimiento, espesor de acero de refuerzo y espesor del apoyo de neopreno.

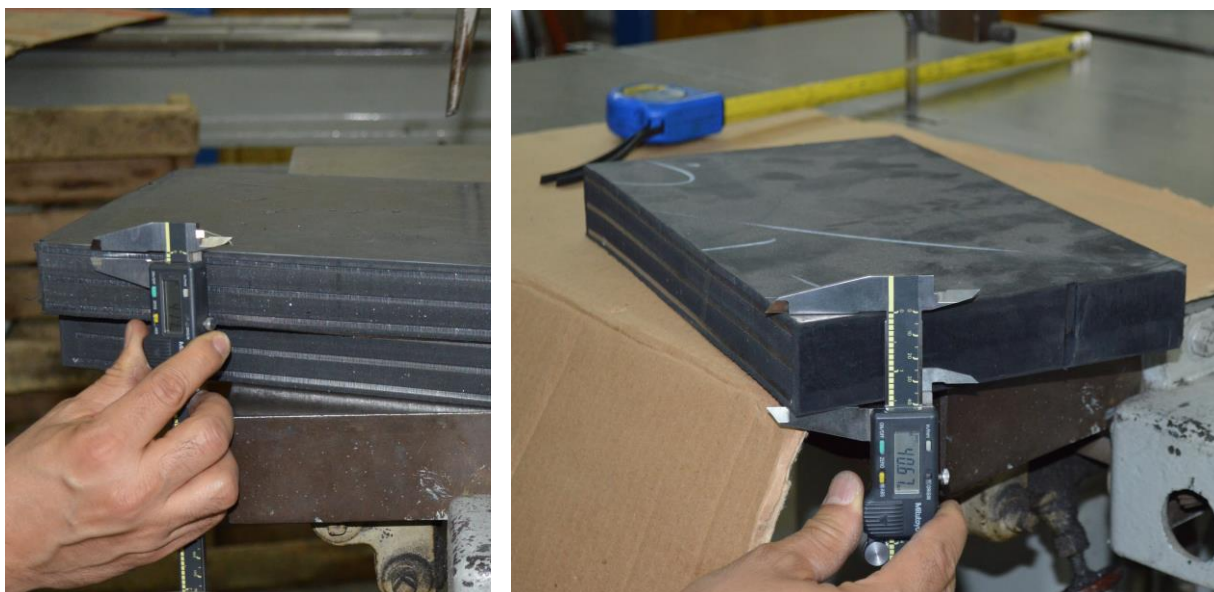


Figura 5.8 Medición del espesor de la placa de acero de refuerzo.

m) Realizar la prueba de la flama en las muestras obtenidas en cada una de las capas internas y externas de la placa o apoyo integral y se registra el resultado en el formato correspondiente.

n) Trasladar las placas o apoyos ensayados a la zona de almacenamiento de muestras ensayadas.

o) Recopilar los resultados de cada una de las pruebas realizadas.



Figura 5.9 Apoyos de neopreno ensayados listos para su traslado a obra.

p) Analizar los resultados obtenidos y preparar el informe definitivo empleando el formato 4.12.

q) Comunicar al Solicitante y al Residente por parte de la Dependencia los resultados obtenidos para que se programe el retiro de las placas o apoyos de los laboratorios, en caso de que los resultados hayan sido satisfactorios; o atender las recomendaciones de laboratorio, en caso de que haya habido alguna desviación con respecto a los requisitos de la norma.

r) Elaborar el informe y el oficio correspondiente para su envío al Solicitante y al Residente de la obra por parte de la Dependencia.

s) Envío del oficio junto con el informe al Solicitante y al Residente por parte de la Dependencia.

5.2. Retiro de placas o apoyos integrales de neopreno del laboratorio por parte de la dependencia correspondiente.

De acuerdo con los criterios establecidos, las placas o apoyos ensayados serán retirados de las instalaciones de laboratorio por personal de la SCT si la obra está a cargo de la SCT, o personal de otra Dependencia o de un Particular si es el caso.

- a) Una vez terminadas las pruebas se informa al Solicitante y al Residente por parte de la SCT o de la Dependencia correspondiente.
- b) El Residente realiza el trámite para el retiro de las placas o apoyos integrales, si los resultados son satisfactorios.
- c) En caso de que las placas o apoyos integrales no satisfagan los requisitos establecidos se solicitará sean sustituidos por otros que sí cumplan; cuando se trata de deformación alta, se recomienda se revise la carga de proyecto y se proponga una nueva, previa autorización del Residente por parte de la SCT o de la Dependencia involucrada.
- d) El laboratorio prepara el documento (Salida) correspondiente para la entrega de las placas o apoyos integrales.
- e) El representante de la SCT o de la Dependencia involucrada presentará el documento que lo acredita para el retiro de las placas o apoyos integrales.
- f) El informe de resultados se enviará posteriormente vía correo postal.

CAPÍTULO 6

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CAPÍTULO 6 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Antioxidante. Agregado químico a los compuestos del elastómero para reducir los cambios físicos producidos por reacciones químicas con el oxígeno.

Antiozono. Agregado químico a los componentes del elastómero para reducir cambios físicos causados por reacciones químicas con el ozono.

Banco de apoyo. Superficie en el estribo del puente, usualmente de concreto, sobre el cual se coloca el dispositivo de apoyo.

Cera antiozono. Cera adicionada a los componentes del elastómero para fines de protección de la superficie de hule y para bloquear el ataque por ozono.

Cloropreno. Compuesto monómero formado por la reacción de vinilacitileno con cloruro de hidrógeno. Generalmente polimerizado para formar policloropreno (neopreno).

Compresión. Efecto que presenta un cuerpo de un cierto material al ser sometido a fuerza axial de compresión.

Compuesto. Sustancia cuyos elementos que lo forman son puestos juntos químicamente. También es un término empleado por fabricantes cuando se refieren a una mezcla particular de ingredientes.

Cristalización. Cambio de fase del elastómero durante la cual segmentos de la cadena de moléculas gradualmente se reorienta con referencia a cada otra cadena resultando en un incremento en rigidez y dureza.

Cristalización a baja temperatura. Cristalización causada para temperaturas debajo de -25°C.

Deflexión. Desplazamiento que presenta un elemento en el plano de aplicación de las cargas.

Deformación. Cambios en dimensiones y de forma que experimenta un elemento de cierto material al ser sometido a acciones externas.

Delaminación. Separación del neopreno y el refuerzo.

Deformación permanente. Deformación existente que se presenta al retirar la aplicación de cargas.

Dureza. Propiedad mecánica de un material que describe su resistencia al desgarramiento de un dispositivo.

Dureza Shore. Ver dureza.

Durómetro. Instrumento para medir la dureza de un neopreno.

Elastómero. Cualquier miembro de la clase de sustancias poliméricas con características y calidades del hule, especialmente la capacidad para recuperar su forma completamente después de grandes deformaciones. Generalmente aplicada solo a materiales vulcanizados. Ver polímero.

Elongación. Alargamiento que sufre un elemento al ser sometido a fuerza axial de tensión.

Esfuerzo hidrostático. Esfuerzo directo con el mismo valor en cualquier dirección.

Factor β . Factor para tomar en cuenta el hecho de capas de elastómero no ligadas (placas planas y sobreplacas de refuerzo de neoprenos) se desvíen más que las capas internas del neopreno reforzado. El factor de forma de la placa o capa se divide por β para reflejar la desviación adicional. Es igual a 1.8 para placas planas y de 1.4 para cubre placas de elastómeros reforzados.

Factor de forma. Factor geométrico adimensional definido como:

$$\frac{\text{área cargada}}{\text{área total libre de carga}}$$

Es una indicación de la rigidez a compresión de un apoyo elastomérico, considerando su forma en planta.

Flujo (creep). Deformación continua bajo carga constante.

Goma de hule. Hule vulcanizado.

Histéresis. Comportamiento de un elemento sujeto un proceso de carga reversible. El área contenida en un ciclo representa la energía disipada.

Hule. Polímero natural o sintético capaz de soportar muy grandes deformaciones y que recupera su forma original al retirar la aplicación de cargas. Se aplica el término tanto para polímero raw como para elastómero compuesto y vulcanizado.

Hule natural (polisopreno). Polímero que se presenta naturalmente en las plantas, particularmente Hevea brasiliensis.

IHRD. International Rubber Hardness Degrees (ver dureza).

Inspección. Observación regular con notas y reporte.

Inspección principal o detallada. Inspección similar a la regular pero con mayor detalle incluyendo mediciones específicas.

Inspección regular. Inspección visual detallada sin mediciones y espaciadas en intervalos razonablemente frecuentes.

Lámina o capa. Lámina de material de refuerzo ligado al hule para prevenir su expansión lateral.

Límite de elasticidad. Valor máximo en la curva esfuerzo-deformación de elementos de elastómero sometidos a carga monótona creciente, en la que el esfuerzo aplicado es proporcional a la deformación. La constante de proporcionalidad se llama módulo elástico E del material.

Mantenimiento. Mantenimiento menor y reemplazamiento.

Mantenimiento menor. Limpieza, engrasado, aplicación de pintura y reparaciones de defectos menores.

Módulo de compresibilidad. Medida de la compresibilidad.

$$\frac{\text{compresión hidrostática}}{\text{cambio de volumen}}$$

Módulo de compresión.

$$E_c = \frac{\sigma_c}{\epsilon_c} = 3G(1 + 2kS^2)$$

Neopreno. Cualquier clase de elastómero hecho por polimerización de cloropreno. Entre las propiedades importantes están la buena resistencia a la abrasión, oxidación y ataque químico.

Policloropreno. Forma polimerizada de un cloropreno monómero. Nombre químico del neopreno.

Polisopreno. Nombre químico para el hule natural.

Polímero. Material constituido por largas cadenas de moléculas consistentes de ligas menores de moléculas o monómeros. Los hules son una clase de polímero el cual tiene un potencial para grandes deformaciones elásticas bajo la acción de cargas.

Polimerización. Proceso de formación de largas cadenas de moléculas por la acción de la unión de números de moléculas más pequeñas o monómeros.

Propiedad elástica. Propiedad de los materiales que al someterlos a cierto nivel de cargas o deformaciones, les permite recuperar su forma y dimensiones originales.

Prueba de resistencia al ozono. Prueba estándar (e.g. ASTM D1149) para determinar la capacidad del material para mantener sus propiedades originales cuando está sujeto a altas concentraciones de ozono para un periodo de tiempo dado.

Recuperación. Parte de la curva esfuerzo-deformación de un material en la que se presenta comportamiento elástico.

Reemplazamiento. Renovación de partes importantes de un dispositivo de apoyo o el apoyo completo.

Relajación. Disminución del esfuerzo con el tiempo bajo deformación constante.

Relleno. Material que no posee las características y calidades del hule, incluidos en los compuestos del elastómero. El carbón negro es comúnmente usado y su incorporación tiende a incrementar la dureza, rigidez a cortante y el módulo de compresibilidad. Permite ligeramente la cristalización a baja temperatura y debido a su menor costo comparado con un polímero no tratado, reduce el costo de los compuestos utilizados en el elastómero.

Rollover. Otra deformación local que las debidas a cortante simple en esquinas de un elastómero sujeto a deformación por cortante.

Teflón. Politetrafluoretileno (PTFE). Plástico que en forma de lámina se adhiere a la cara superior del bloque de elastómero para que en el caso de los apoyos deslizantes, deslice sobre ella la placa de deslizamiento.

Temperatura de transición de vidrio. Temperatura en la cual el hule natural experimenta un rápido incremento en rigidez y se convierte en un tipo de vidrio y frágil. Aproximadamente -60°C.

Vulcanización. Proceso que se induce en un polímero por reacciones químicas. Requiere calor, presión y en ocasiones un agente vulcanizador que varía con el polímero usado.

Vulcanizado. Polímero que ha sido vulcanizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SETRA, Guide Technique Appareils d'appui en élastomère fretté utilisation sur les pont, viaducs et structures similaires, juillet 2007, France.
2. NCHRP Report 449, Elastomeric Bridge bearings: Recommended test methods, 2001, USA.
3. NCHRP Report 596, Rotation Limits for Elastomeric bearings, 2008, USA.
4. AASHTO M251-06 (2011), Standard specification for plain and laminated elastomeric bridge bearings, 2014, USA.
5. ASTM D2240-05 (reapproved 2010), Standard test methods for rubber property durometer hardness, USA.
6. ASTM D3183-10, Standard practice for rubber- preparation of pieces for test purposes from products, USA.
7. ASTM D624-00 (reapproved 2012), Standard test methods for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers, USA.
8. ASTM D573-04 (reapproved 2010), Standard test method for rubber-deterioration in an air oven, USA.
9. ASTM D1149-07 (reapproved 2012), Standard test methods for rubber deterioration-cracking in an ozone controlled environment, USA.
10. ASTM D429-14, Standard test methods for rubber property-adhesion to rigid substrates, 2014, USA.
11. ASTM D412-06a (reapproved 2013), Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastics elastomers-tension, 2013, USA.
12. ASTM D395-14, Standard test methods for rubber property-compression set, 2014, USA.
13. SETRA, MEMOAR guide for construction on bridges, 2007, France.
14. N·CMT·2·08/04 Placas y Apoyos Integrales de Neopreno. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
15. Especificaciones Generales de Construcción, Parte Novena, Libro Cuarto. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
16. Correa Manosalvas E., Análisis de los elementos elastómeros utilizados en aisladores y neoprenos, ESPE, 2011.

