



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

EVALUACIÓN DE PULIMENTO ACELERADO EN AGREGADOS DE BANCOS MEXICANOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

Norma Curiel¹, Alfonso Perez²

¹ Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, Querétaro, México, Norma.Curiel@imt.mx

² Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, Querétaro, México, aperez@imt.mx

Resumen

La red federal de carreteras en México está mayormente compuesta por pavimentos flexibles que constan de una carpeta asfáltica superficial soportada por una serie de capas granulares; la capa de rodadura debe cumplir con características para desempeñar su función, entre otras, garantizar la comodidad, seguridad de los usuarios y conservando una resistencia al deslizamiento adecuada para mantener el control del vehículo. Para lograr este objetivo, los proyectos de carreteras deben basarse en normativas que aseguren la calidad de los materiales y su buen funcionamiento, con el propósito de minimizar colisiones y las consecuencias asociadas a la pérdida de resistencia al deslizamiento. Con el paso del tiempo, el tránsito vehicular sobre los pavimentos reduce su resistencia al deslizamiento, por lo que, el valor de pulimento acelerado residual (VPR) del agregado grueso ha sido un parámetro indispensable para definir la calidad del agregado para su uso en superficies de rodadura.

En el presente trabajo se define el VPR, así como su relación con propiedades de los materiales, con el objetivo de identificar correlaciones entre estas que pueda definir de manera eficaz su competencia en lo que a características friccionantes se refiere. Se estudiaron materiales de bancos mexicanos ubicados en el Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Campeche, Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Michoacán y Chiapas, con la finalidad de revisar sus propiedades para su posible uso en la construcción de superficies de rodadura y considerar materiales de diferente origen geológico. Para la definición del VPR en agregado grueso se utilizó como base las normativas M-MMP-4-04-016/21 de la SICT de México, que a su vez se basa en la TEX 438-A del Departamento del Transporte de Texas.

Las propiedades de los materiales pétreos dependen en gran medida de su origen geológico; se encontró que, los materiales de origen calizo presentan un VPR entre 25 y 28, mientras que los de origen volcánico basalto, andesita, granito y riolita, exhiben un VPR entre 30 y 34.

Palabras Clave: pavimento flexible, capas granulares, valor de pulido acelerado, origen geológico.

1 Introducción

El estado superficial presente en la red nacional de carreteras en México impacta en gran medida en su economía, ya que, es el medio por el que se mueven grandes volúmenes de carga comercial y de pasajeros, debido a lo cual, la inversión en conservación de las carreteras y asegurar que las nuevas construcciones tengan una vida útil de acuerdo con su diseño, ayuda al progreso regional, lo que aporta a un medioambiente sostenible y sustentable [1].

En México, la red nacional de carreteras se encuentra compuesta mayormente por pavimento del tipo flexible, el que comúnmente utiliza como superficie de rodadura al concreto asfáltico en caliente con granulometría densa, aunque es cada vez más común observar el uso de pavimentos rígidos en vías de alto tránsito. Independientemente del tipo de pavimento, resulta imprescindible que este



**Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.**

cuenta con una superficie con regularidad superficial adecuada sobre la cual los vehículos pueden transitar con seguridad en cualquier condición climática durante el periodo de desempeño específico para el que se diseñó el pavimento [2]. Para cumplir lo anterior, resulta necesario implementar diseños acordes a las características y exigencias del sitio de construcción, utilizando materiales, procedimientos constructivos y control de calidad que cumplan con las especificaciones constructivas, además de sistemas de administración adecuados para determinar programas de mantenimiento para la conservación de las carreteras [1].

Cualquier tipo de carretera debe de mantener, durante su funcionamiento, una superficie de rodadura cómoda y segura, además de proporcionar una resistencia adecuada al deslizamiento, que favorece el agarre que los neumáticos requieren para mantener el control del vehículo, por lo que, su diseño y funcionamiento debe de basarse en normativas para minimizar las colisiones y las consecuencias asociadas (muertes, lesiones, pérdidas económicas, etc.) [2, 3].

1.1 Impacto de la resistencia al deslizamiento en pavimentos y la seguridad

La resistencia al deslizamiento se refiere al rozamiento generado entre los neumáticos de un vehículo y la superficie de rodadura de una carretera; dicha propiedad tiene gran influencia en la seguridad de los pavimentos, ya que una adecuada resistencia al deslizamiento reduce los accidentes particularmente cuando se circula en pavimentos mojados [4, 5, 6].

En México las causas de accidentes viales pueden asociarse al factor humano, como: el cansancio, conductores bajo efectos de sustancias (alcohol o drogas), distracciones, habilidades de manejo, entre otras; asociadas al vehículo, como: falla de frenos, daño en neumáticos, entre otros; o debido a agentes naturales o al camino, como: señalamiento, estado de la carretera, diseño geométrico, distancia de visibilidad, fricción superficie, entorno ambiental, clima, entre otros [2, 7].

En la Tabla 1 se presentan las estadísticas de accidentes totales en los últimos 9 años y el porcentaje de estos que se atribuyen a la pérdida de la fricción del material de rodadura en México [8], en los accidentes reportados por pérdida de la fricción, se refiere a aquellos en los que se presenta camino mojado o resbaloso y agentes ambientales como lluvia, granizo y nieve, factores que se relacionan o causan una pérdida de fricción en el pavimento [2, 7]. En el porcentaje de los accidentes causados por pérdida de fricción de los últimos dos años, 2021 y 2022, se observa una disminución, lo que se puede atribuir a la atención prestada al mantenimiento e importancia de la fricción en las carreteras [2].

Tabla 1. Colisiones registradas en los últimos 9 años en México [7].

Año	Accidentes con causa reportados	Accidentes causados por pérdida de fricción
2022	12,075	7.83%
2021	14,033	17.69%
2020	11,106	24.15%
2019	11,730	17.84%
2018	11,613	23.09%
2017	10,885	24.01%
2016	11,507	18.75%
2015	15,527	31.59%
2014	23,738	15.99%

La resistencia al deslizamiento se refiere al rozamiento generado entre los neumáticos de un vehículo y la superficie de rodadura de una carretera. World Road Association define el rozamiento como la resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto, el coeficiente de rozamiento se



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

define por el cociente de la fuerza paralela a la superficie de contacto entre dos cuerpos y en dirección opuesta al movimiento (fuerza de rozamiento), entre la fuerza perpendicular a dicha superficie (fuerza normal), Figura 1 [4].

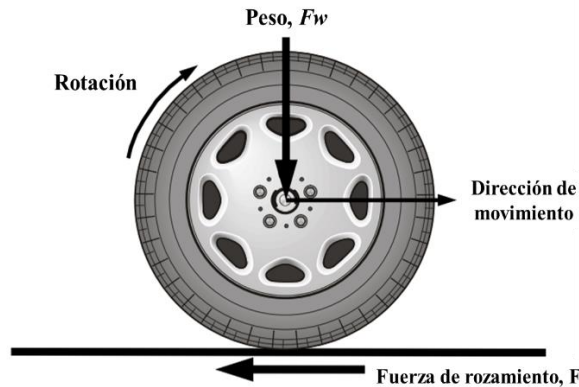


Figura 1. Rozamiento entre neumático y superficie del pavimento [9].

La resistencia al deslizamiento en el pavimento medido en cualquier momento se debe, principalmente, a las propiedades geológicas de los agregados y las cargas del tránsito que circula en la carretera [4]. Entre los ensayos más usados para definir la calidad del agregado para uso en capa de rodadura, se encuentra y el Coeficiente de Pulimento Acelerado que define el valor de pulimento acelerado residual (VPR). El VPR representa la resistencia al deslizamiento del neumático en contacto con la capa de rodadura, siendo esta, una propiedad que debería de perdurar en el pavimento, que se encuentra directamente relacionada con la calidad del agregado, y su grado de rugosidad superficial [10].

La resistencia al deslizamiento es una propiedad de los materiales de pavimento que decrece con el paso del tiempo en función a la resistencia al pulimento del agregado y el desgaste de su textura debido a la acción del tránsito (pulido de la superficie), por lo que su definición y control ha pasado a formar parte de la gestión de las redes carreteras [4, 5, 6, 10].

Para asegurar que los agregados usados en la capa de rodadura tengan y preserven las propiedades mecánicas y de durabilidad requeridas, resulta necesario seguir las especificaciones y lineamientos del proyecto de acuerdo con las necesidades de cargas y tránsito en el sitio de construcción. Como ejemplo, en México se cuenta con la norma N-CMT-4-04/17 con título “Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas”, que define los requisitos de calidad de los materiales que se emplearán en la elaboración de mezclas asfálticas, los cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Requisitos de calidad del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría abierta, granulometría discontinua, tipo SMA y granulometría discontinua, tipo CASAA [11].

Característica ^[1]	Valor	
Grava		
Densidad relativa del material pétreo seco, mínimo	2.4	
Desgaste de Los Ángeles, %, máximo	25	
Desgaste Micro-Deval, %, máximo	15	
Intemperismo acelerado, % (5 ciclos), máximo ^[2]	En sulfato de sodio	15
	En sulfato de magnesio	20
Partículas alargadas y lajeadas, %, máximo	35	
Partículas trituradas, %, mínimo	Una cara	100



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

	Dos o más caras	90
Valor de pulimento acelerado, adimensional, mínimo		30
Desprendimiento por fricción, %, máximo		10
<hr/> Arenas y finos <hr/>		
Densidad relativa del material pétreo seco, mínimo		2.4
Angularidad, %, mínimo		45
Equivalente de arena, %, mínimo		55
Azul de metileno, mg/g, máximo		12

Nota: [1] El material será 100% producto de trituración de roca sana, [2] Será suficiente que el intemperismo acelerado cumpla con una de las dos condiciones: en sulfato de sodio o en sulfato de magnesio.

Por lo expuesto anteriormente y de acuerdo con la normativa N-CMT-4-04/17, es importante determinar el comportamiento de los agregados a través de ensayos de valor de pulido acelerado (VPR) para evaluar la resistencia al deslizamiento y su estabilidad con el paso de los vehículos.

1.2 Factores que afectan la resistencia al deslizamiento

El rozamiento entre el neumático del vehículo y el pavimento se produce por dos mecanismos: rozamiento por adherencia y rozamiento por histéresis, Figura 2.

La adherencia, se relaciona con la microtextura del pavimento, se genera por los enlaces intermoleculares entre las microasperezas de las superficies del caucho de la rueda y el pavimento, está relacionada con el área de contacto y pueden cambiar con la temperatura y la velocidad de deslizamiento. La histéresis, que se relaciona con la macrotextura, se debe a la pérdida de energía debido a la deformación de la rueda por las protuberancias y depresiones de la superficie de rodadura [2, 4].

Generalmente en el rozamiento en pavimentos interviene mayormente la adherencia, la histéresis afecta en condiciones de pavimento mojado, ya que se reduce la adherencia neumático-pavimento, o en condiciones secas en altas velocidades [2, 4].

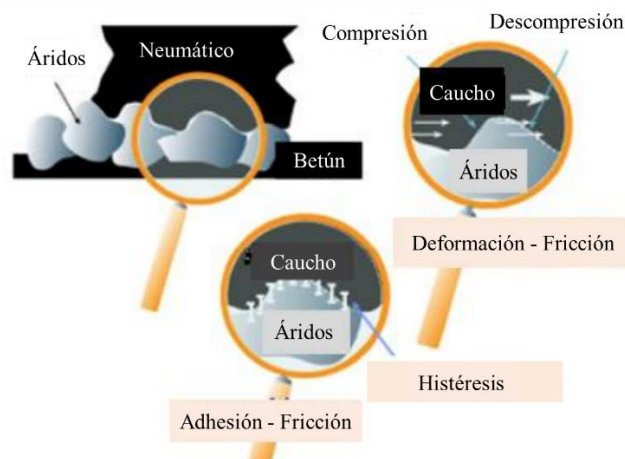


Figura 2. Rozamiento entre neumático y superficie del pavimento [4].

Los factores que afectan a la fricción entre el neumático-pavimento pueden ser: las características superficiales del pavimento, los factores asociados al vehículo y al neumático, factores debidos a



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

cargas y forma de aplicación, y el entorno o factores ambientales [4, 9], en la Tabla 3 se presentan estos factores.

Tabla 3. Factores que afectan la fricción en el pavimento [2, 4, 9].

Factores debido a la superficie del pavimento	<ul style="list-style-type: none">- Propiedades petrológicas del agregado.- Textura superficial (microtextura y macrotextura).<ul style="list-style-type: none">- Megatextura/desnivel.- Tipo de superficie y acabado.<ul style="list-style-type: none">- Edad de superficie.- Temperatura.
Factores debido al vehículo y al neumático	<ul style="list-style-type: none">- Velocidad de deslizamiento y del vehículo.- Ángulo de la dirección de las ruedas con respecto a la dirección del movimiento.<ul style="list-style-type: none">- Acción de frenado.- Maniobra de conducción.<ul style="list-style-type: none">- Carga por rueda.- Grado de deslizamiento de la rueda.- Características del neumático (estructura, dureza y desgaste o profundidad de ranuras).<ul style="list-style-type: none">- Presión de inflado.- Temperatura.
Factores debido a carga y forma de aplicación	<ul style="list-style-type: none">- Tránsito promedio diario, tipos de vehículos y cargas, desde la puesta en servicio.<ul style="list-style-type: none">- Geometría de la carretera.- Condiciones de circulación.
Factores del entorno y ambientales	<ul style="list-style-type: none">- Clima.<ul style="list-style-type: none">- Viento.- Temperatura.- Acumulación de agua de lluvia, intensidad y duración de lluvia.<ul style="list-style-type: none">- Nieve, hielo.- Contaminación de la superficie.- Materiales antideslizantes (sal, arena).

2 Desarrollo

Con respecto a la información presentada previamente se puede concluir que las características del agregado utilizado en la superficie de rodadura afectan, en gran medida, a la resistencia al deslizamiento que exhibirá la carretera durante su vida útil. Para el presente trabajo se determinaron las propiedades de pulimento acelerado, pérdida de solidez (intemperismo acelerado mediante sulfato de sodio) y residuo insoluble en ácido, con la finalidad, de buscar correlacionar las propiedades de agregado.

2.1 Pulimento acelerado

De manera general para el ensaye, se colocan los agregados en un molde con una cobertura y se fijan con resina, las probetas se introducen a la rueda para someterse a pulimento mediante la acción de la



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

rueda cargada, agua y abrasivos utilizando la máquina de pulimento acelerado. Después del pulido se determina la resistencia al deslizamiento con el Péndulo Británico para obtener el valor de pulido residual (VPR), siendo este, el promedio de las últimas cuatro mediciones de cinco (Figura 4). El VPR se determinó siguiendo el procedimiento M-MMP-4-04-016/21 de la SICT de México, que a su vez se basa en el procedimiento TEX 438-A del Departamento del Transporte de Texas.

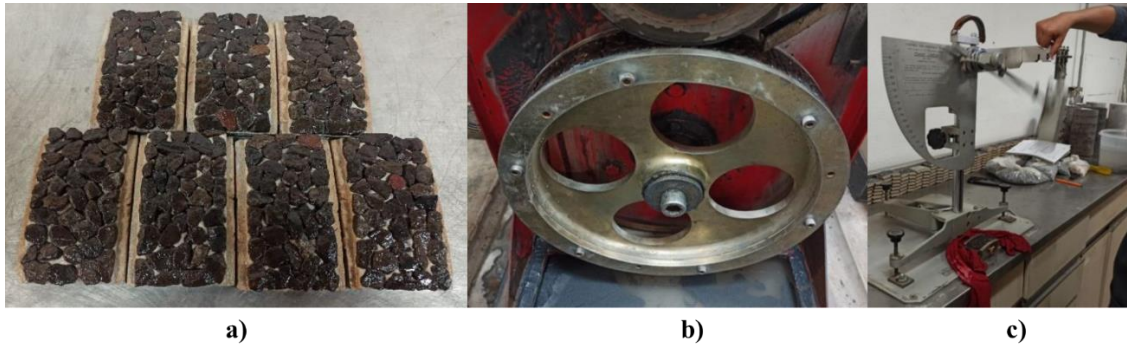


Figura 4. Pulimento acelerado, a) probetas para prueba de pulimento, b) proceso de pulido en probetas, c) determinación de VPR con Péndulo Británico.

2.2 Pérdida de solidez (intemperismo acelerado)

El intemperismo acelerado de los agregados se determinó utilizando la solución de sulfato de sodio, se sumerge la muestra en la solución durante 16 a 18 horas, posteriormente se deja escurrir la muestra y se seca a masa constante, se deja enfriar la muestra y se repite el proceso cinco veces. El material que pase la malla siguiente de acuerdo con el tamaño analizado, de acuerdo con la normativa, se considera el porcentaje de intemperismo acelerado (Figura 5). Para esta prueba se usó como base los procedimientos de las normativas M-MMP-4-04-008/03 de la SICT de México con base en la TEX 411-A del Texas DOT.

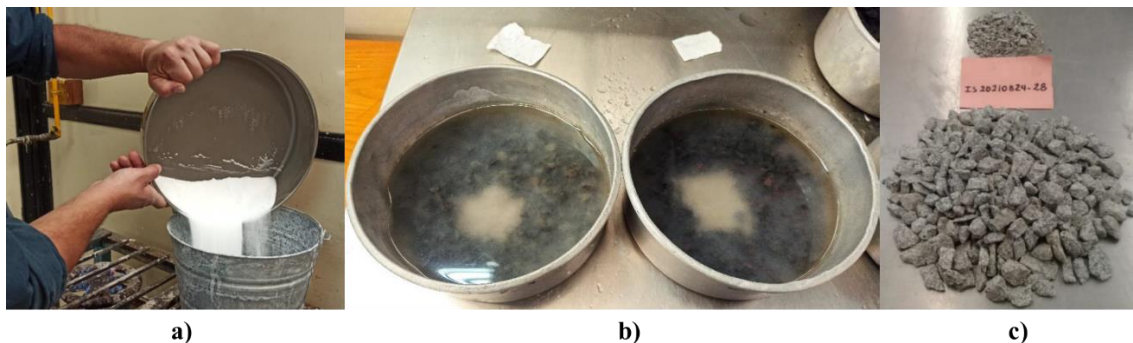


Figura 5. Intemperismo acelerado, a) preparación de solución de sulfato de sodio, b) muestra sumergida en solución, c) fracción de material después de cribado.

2.3 Residuo insoluble en ácido

El residuo insoluble en ácido consiste en determinar el porcentaje de partículas no carbonatadas presentes en una muestra de agregado, disolviendo una muestra de masa conocida en ácido clorhídrico, el carbonato presente en las partículas del agregado reaccionará y producirá dióxido de carbono y agua como producto secundario, y el residuo que permanezca tras la reacción será agregado



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

no carbonatado (Figura 6). Para esta prueba se usó como base los procedimientos de las normativas TEX 612-J del Texas DOT.

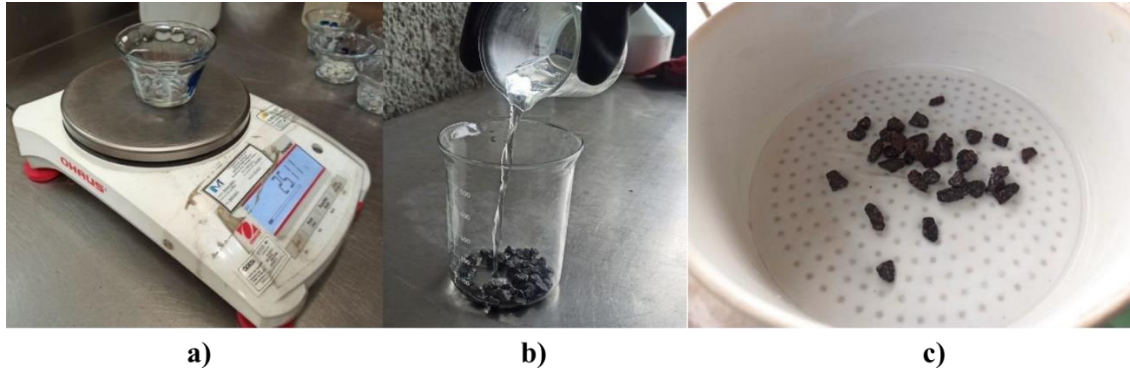


Figura 5. Residuo insoluble en ácido, a) peso inicial de la muestra, b) adición de ácido clorhídrico a la muestra, c) filtrado de residuo posterior a la reacción.

3 Resultados y análisis

Se estudiaron materiales de bancos mexicanos ubicados en el Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Campeche, Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Michoacán y Chiapas, determinando las propiedades descritas en el apartado anterior, se definió el tipo de roca por análisis de la muestra y de acuerdo con la ubicación del banco. En la Tabla 4 se presentan los resultados de los ensayos realizados.

Tabla 4. Resultados de ensayos realizados en bancos estudiados.

Número de banco	Estado	Tipo de roca	VPR	Pérdida de solidez (%)	Residuo insoluble en ácido (%)
1	Guanajuato	Basalto	34	6.4	98.8
2	Guanajuato	Andesita	33	3.3	99.0
3	Guanajuato	Andesita	33	2.2	99.5
4	Guanajuato	Andesita	33	2.6	99.4
5	Edo. de México	Basalto	32	2.9	99.6
6	Edo. de México	Andesita	32	0.4	99.8
7	Edo. de México	Basalto	32	6.0	99.3
8	Edo. de México	Basalto	30	1.6	99.5
9	Edo. de México	Basalto	32	6.7	98.7
10	Edo. de México	Basalto	32	0.4	99.6
11	Nuevo León	Caliza	25	2.3	2.3
12	Nuevo León	Granito	34	13.0	99.1
13	Nuevo León	Caliza	26	1.5	24.9
14	Nuevo León	Caliza	26	8.5	8.2
15	Nuevo León	Caliza	25	6.3	6.0
16	Nuevo León	Caliza	26	7.4	1.0
17	Campeche	Caliza	27	13.1	4.0
18	Edo. de México	Andesita	33	8.6	99.9
19	Guanajuato	Andesita	33	3.7	99.8
20	Guanajuato	Andesita	32	2.0	99.7



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

21	Veracruz	Basalto	32	7.6	99.7
22	Chiapas	Caliza	34	48.5	9.6
23	Veracruz	Andesita	33	4.3	96.9
24	Campeche	Caliza	26	0.9	5.7
25	Jalisco	Andesita	30	2.3	99.9
26	Guanajuato	Basalto	32	7.0	99.8
27	Jalisco	Basalto	30	4.2	99.9
28	Jalisco	Basalto	32	15.2	100
29	Guanajuato	Andesita	32	10.9	99.6
30	Guanajuato	Andesita	32	4.1	100.0
31	Guanajuato	Basalto	31	5.8	91.0
32	Guanajuato	Basalto	32	3.0	100.0
33	Guanajuato	Basalto	31	5.0	99.9
34	Veracruz	Basalto	31	12.0	99.7
35	Veracruz	Andesita	34	48.3	99.7
36	Veracruz	Basalto	31	3.7	100.0
37	Edo. de México	Riolita	34	11.4	100.0
38	San Luis Potosí	Caliza	25	14.1	12.0
39	Michoacán	Basalto	34	4.6	100.0

En la Figura 6 se puede apreciar que los materiales sedimentarios, en particular los que corresponden a calizas, presentan en general valores de VPR inferiores al definido como mínimo para su uso en capas de rodadura en la normativa SICT; mientras que los materiales volcánicos, tanto intrusivos como extrusivos, cumplen con el valor mínimo establecido, lo mismo se cumple con la propiedad de residuo insoluble en ácido, como se observa en la Figura 7, la normativa SICT no cuenta con límites específicos para este parámetro, por lo que se considera el límite de documento TxDOT.

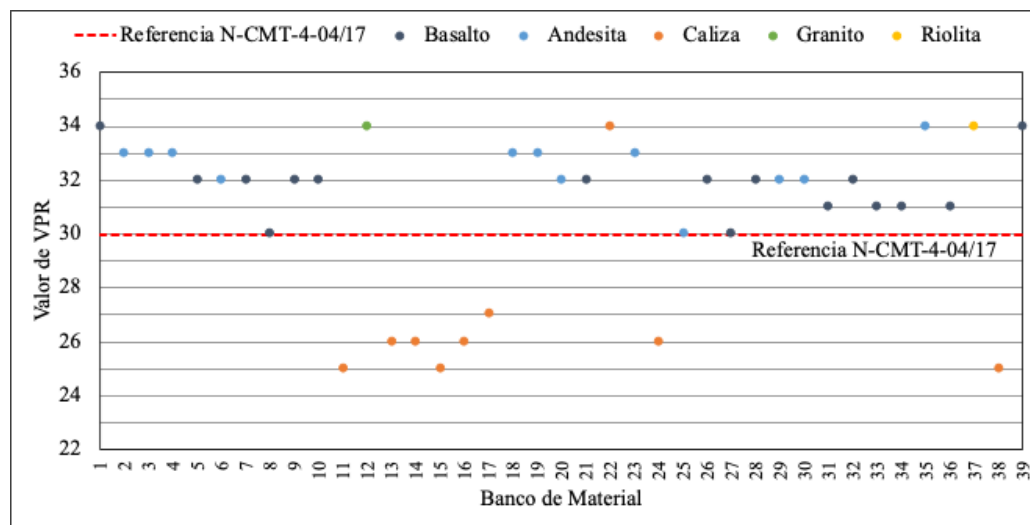


Figura 6. Resultado de valor de VPR por tipo de material y mínimo requerido de acuerdo con la normativa N-CMT-4-04/17.

De igual forma, en la Figura 8, es posible observar que los materiales que presentan valor de residuo insoluble en ácido menores que 80%, incluso mayores que el valor de aceptación de 55%,



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

establecido en la normativa TxDOT, difícilmente cumplen con el VPR que se especifica para su uso en capas de rodadura.

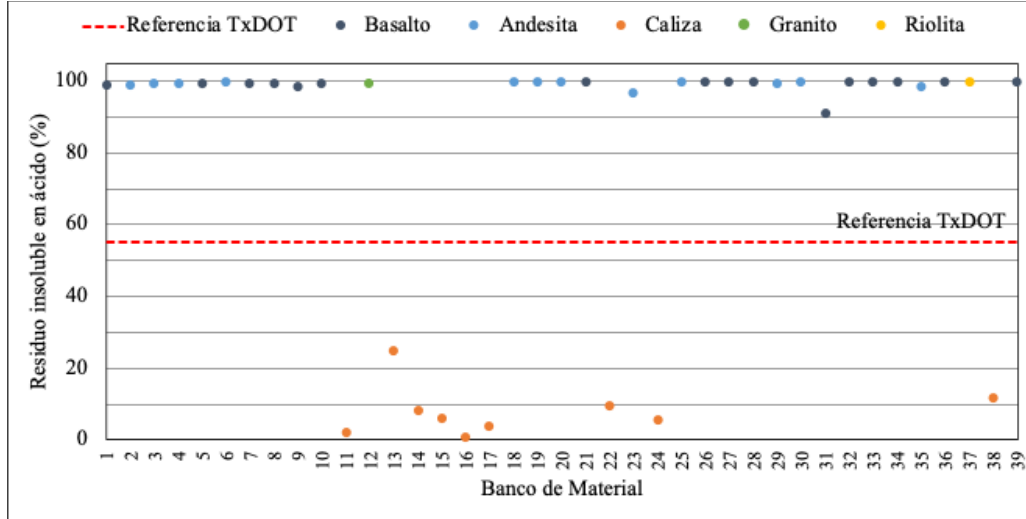


Figura 7. Resultado de residuo insoluble en ácido y mínimo requerido de acuerdo con documento TxDOT [11].

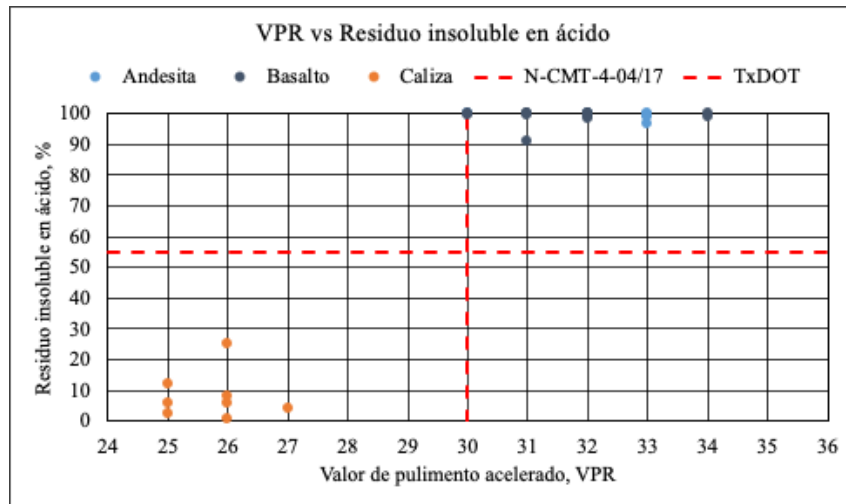


Figura 8. Valor de pulimento acelerado, VPR, comparado con residuo insoluble en ácido, señalando límites normativos.

En la Figura 8 se puede apreciar que, aunque aparentemente no hay una relación directa entre la el residuo insoluble en ácido y el VPR, si es muy evidente que los materiales de origen calizo, con valores de residuo insoluble bajos, en general, no cumplen con los valores adecuados de VPR, nuevamente se aprecia la agregación de materiales en el cuadrante inferior izquierdo de la gráfica y que corresponden a calizas y que justamente corresponden a una zona de incumplimiento con las recomendaciones de la normativa SICT para materiales con potencial uso en capas de rodadura. Asimismo, los materiales de origen volcánico, situados en el cuadrante superior derecho, cumplen con ambos criterios.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

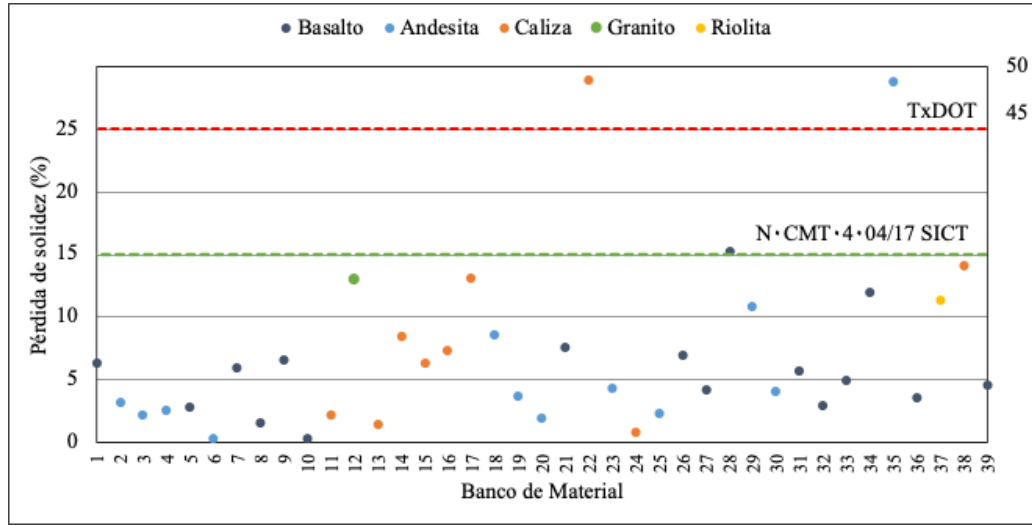


Figura 9. Resultado de pérdida de solidez y mínimo requerido de acuerdo con documento TxDOT y N-CMT-4-04/17.

En la Figura 9 se observa que no existe relación directa entre el parámetro de VPR y pérdida de solidez, ya que materiales tanto que cumplen como los que no cumplen con los valores de VPR establecidos, presentan valores de pérdida de solidez variable; ejemplo de ello se puede encontrar en el material 35, en donde este parámetro supera en gran medida el valor máximo especificado en la normativa SICT y su VPR es mayor que el mínimo establecido en la misma normativa; asimismo, un caso especial lo representa el material 22 que a pesar de ser sedimentario, cumple con el valor de VPR pero no cumple con el valor de pérdida de solidez ni con el de residuo insoluble. En la Figura 10 se puede observar lo anterior, además de la agregación de los materiales de acuerdo con su origen geológico, tanto en la zona a la derecha de cumplimiento de VPR (materiales volcánicos) como de no cumplimiento a la izquierda (materiales sedimentarios, calizos)

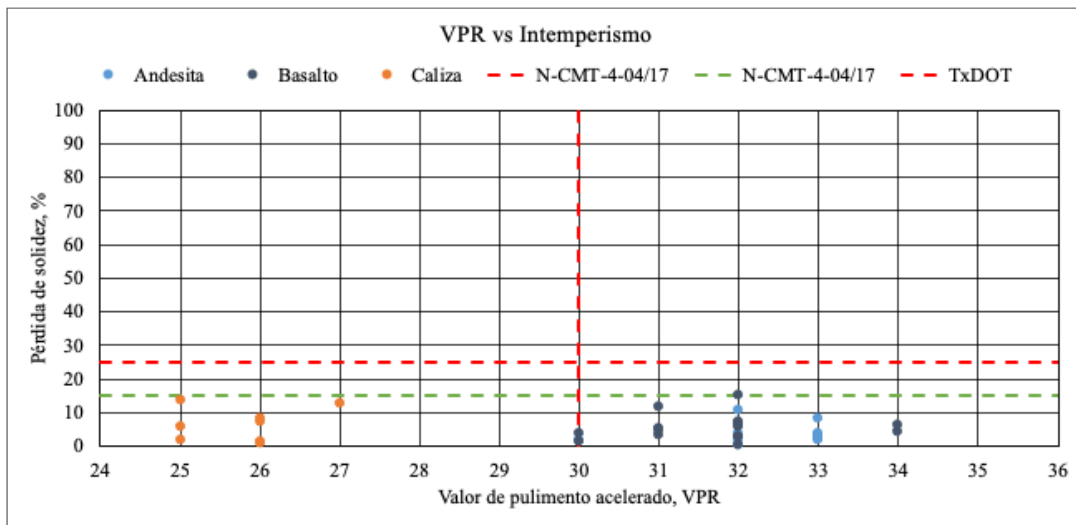


Figura 10. Valor de pulimento acelerado, VPR, comparado contra la pérdida de solidez señalando límites normativos TxDOT y N-CMT-4-04/17.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

4 Conclusiones y recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos en los ensayos realizados en los agregados estudiados se puede comentar lo siguiente:

Los materiales utilizados en capas de rodadura deben garantizar una buena fricción en las carreteras, para ello no solo es necesario que los materiales cumplan con las propiedades de fricción adecuadas, sino que tengan la capacidad de permanecer durante más tiempo.

Es posible apreciar que la naturaleza geológica de los materiales tiene una influencia preponderante en el comportamiento del agregado pétreo en lo que a sus propiedades friccionantes se refiere, en ese sentido se tiene que materiales sedimentarios, en este caso calizos, difícilmente cumplirán con los valores de VPR solicitados. Materiales volcánicos ya sea intrusivos o extrusivos, tienen más oportunidad de presentar valores de VPR adecuados para su uso en capas de rodadura para niveles de tránsito importantes.

Lo anterior tiene relevancia particularmente en aquellas regiones en donde se sabe que las formaciones rocosas son de origen calizo en las que sus agregados pétreos muy probablemente no cumplirán con los valores solicitados de VPR y en los que estrategias de construcción de capas de rodadura o de desgaste con agregados pétreos con altos valores de VPR pueden constituir soluciones en dichas regiones; en donde las capas estructurales de concreto asfáltico se pudieran construir utilizando el agregado calizo dado que no estará sujeto a la acción abrasiva del tránsito y de los agentes de intemperismo.

El valor de residuo insoluble se aventura como primer indicador de la probabilidad de cumplimiento de los agregados pétreos respecto al VPR, ya que como pudo observarse, valores inferiores incluso a 80% difícilmente cumplirán con los valores adecuados para pavimentos de alto tránsito.

Los valores altos en el parámetro de pérdida de solidez del agregado pueden inferir un desempeño deficiente del pavimento, ya que, este valor ayuda a visualizar la durabilidad y resistencia que tiene el agregado a los efectos de la intemperie, de acuerdo con los resultados obtenidos, este parámetro no puede ser correlacionado con el tipo de roca estudiado, ni tiene una relación directa con el valor de VPR.

Finalmente, es importante destacar la importancia de contar con agregados con VPR adecuados a la importancia de la obra, toda vez que se minimizarán gastos de mantenimiento, explotación de bancos, que abona al cuidado del medio ambiente, así como en ahorros económicos y por supuesto se minimizan accidentes lo que impacta en la disminución de lesiones y pérdidas de vidas humanas.

Se destaca la importancia de robustecer la base de datos para otras zonas del país no estudiadas en el presente estudio.

5 Referencias

- [1] González, B. (2016). *EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS EN LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO*. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- [2] Pérez, S., Martínez, M., Curiel, I. (2023). *Caracterización y clasificación de materiales pétreos usados en capas de rodadura respecto al TxDOT Fase 2*. Querétaro, México. Publicación Técnica No. 768.
- [3] Fonseca, R. (2008). *MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL, IFI, EN SUPERFICIES DE RODAMIENTO DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY PARA DEFINIR LAS ÁREAS CON MAYOR ÍNDICE DE ACCIDENTES*. Monterrey, Nuevo León, México.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

I Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial. LANAMME Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

[4] Ramírez, R. (2017). *Nuevo procedimiento de ensayo para determinar el coeficiente de pulimento acelerado de mezclas bituminosas*. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil: Transporte y Territorio.

[5] Alvarado, U. (2023). *Mejora del desempeño de la superficie de rodamiento mediante una mezcla de emulsión asfáltica con fibras de PET*. Querétaro, Qro. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería.

[6] Fernández, M., & Suárez, Del R. (2003). *Coeficiente de los Ángeles y de Pulimento Acelerado de áridos ofíticos de Cantabria: interpretación petrográfica*. Mater Construcc. Volumen (54). 53-63.

[7] Mendoza, S., Adame, V., & Marcos, P. (2019). Influencia del clima en la seguridad vial. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/344891807_Influencia_del_clima_en_la_seguridad_vial#ullTextFileContent.

[8] Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2023). *Estadística de Accidentes en Carreteras Federales*. 14 de Julio de 2023. Actualizada al 19/Aug/2023, 00:31:

<https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica-de-accidentes-en-carreteras-federales/>.

[9] Hall, J., Smith, K., Titus, L., Wambold, J., Yager, T., & Rado, Z. (2009). *NCHRP Web-Only Document 108: Guide for Pavement Friction*. National Cooperative Highway Research Program. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES.

[10] Fernández, M., & Suárez, Del R. (2003). *Coeficiente de los Ángeles y de Pulimento Acelerado de áridos ofíticos de Cantabria: interpretación petrográfica*. Mater Construcc. Volumen (54). 53-63.

[11] Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2017). *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas N-CMT-4-04/17*. México. [Consulta en línea] <https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica-de-accidentes-en-carreteras-federales/>.

[10] Fernández, M., & Suárez, Del R. (2003). *Coeficiente de los Ángeles y de Pulimento Acelerado de áridos ofíticos de Cantabria: interpretación petrográfica*. Mater Construcc. Volumen (54). 53-63.

[11] Texas Department of Transportation, TxDOT. (2006). Wet Weather Accident Reduction Program (WWARP). USA.