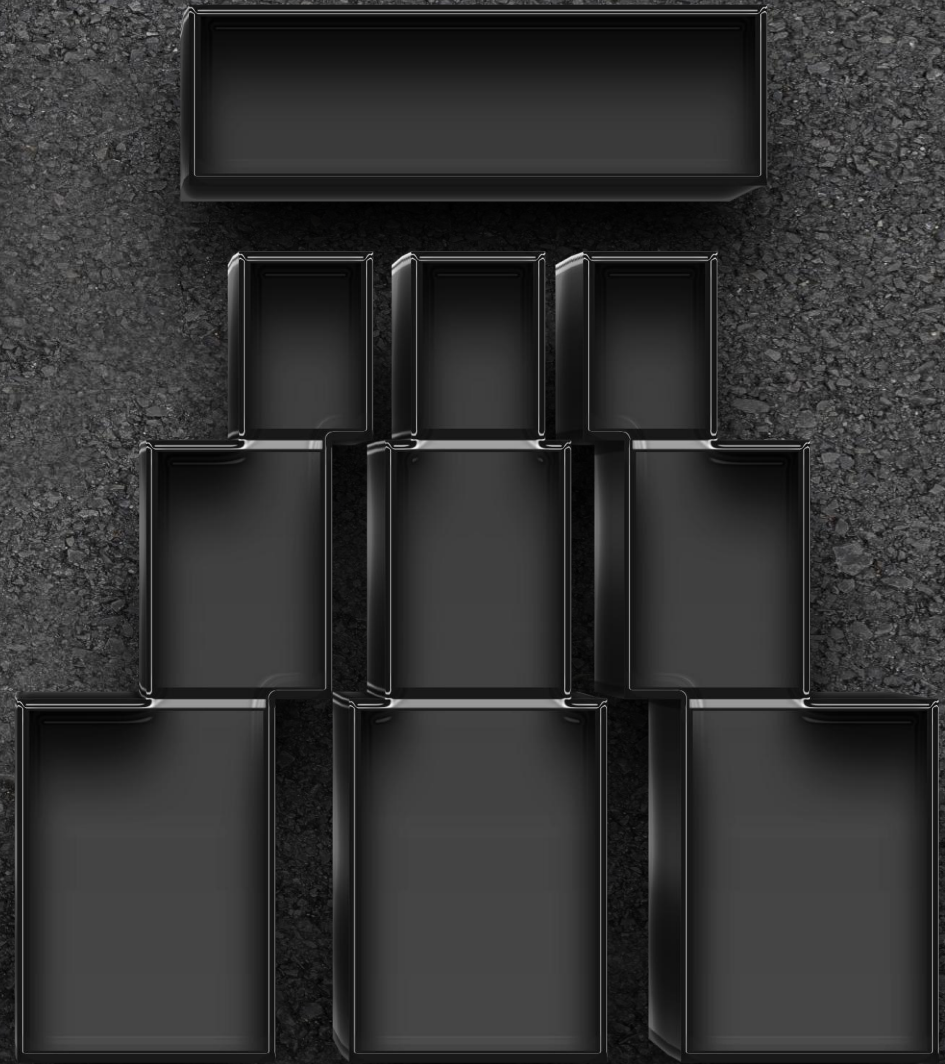




XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México

Tema: **EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ.**



Ing. Hugo Ernesto Lara López
Contacto: hlara@grupohi.mx

22 de agosto 2025

“EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ”

ING. HUGO LARA LÓPEZ



XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

INTRODUCCIÓN

La carretera Mex-57 específicamente el tramo Querétaro – San Luis Potosí, desde el año 2016 se rige bajo un contrato de Asociación Público – privada (APP) y su principal objetivo es rehabilitar y conservar la carretera bajo el cumplimiento de 15 estándares de desempeño y brindar al usuario seguridad y confort.

El proyecto APP está conformado por 4 etapas, tal como se muestra en la siguiente figura.



EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

INTRODUCCIÓN

El tramo carretero Querétaro – San Luis Potosí forma parte de la red federal libre de peaje, y esta constituido desde el Distribuidor Buenavista hasta el entronque libramiento oriente de San Luis Potosí, pasa por los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí; dividido en 16 segmentos, contando con una longitud lineal de 157.4 km y con una longitud equivalente de 324.822 km.

Este tramo forma parte de uno de los principales corredores viales de la República Mexicana, por el cual circula un gran número de vehículos conformado en su mayoría por vehículos pesados.

La carretera cuenta con dos cuerpos y dos carriles por sentido, siendo su clasificación A4S.

Fig. Localización App Querétaro - San Luis Potosí



Tabla. Tránsito representativo del tramo Querétaro - San Luis Potosí

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) 2024		Porcentaje de vehículos	
Promedio:	36,674	Ligeros:	45%
Mínimo:	21,390	Pesados:	55%
Máximo:	70,639		

*Ambos sentidos



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

@AMAACmx

<http://www.amaac.org.mx>



EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El APP Querétaro – San Luis Potosí se encuentra regido bajo 15 estándares de desempeño, dentro de los cuales, 6 estándares corresponden a la condición funcional y estructural de los pavimentos.

Dentro de los retos que presentaba rehabilitar una carretera de muy alto tránsito, era proponer una alternativa viable, económica y sustentable, y que a su vez se garantizará el cumplimiento de los estándares de Desempeño, no solo en la rehabilitación inicial sino también durante el periodo de conservación.

El mayor reto del APP era la zona de pavimento rígido, ya que las condiciones que presentaba eran muy desfavorables, es por ello que se analizaron 3 propuestas de rehabilitación.

Tabla. Propuestas de técnicas para rehabilitación inicial en pavimento rígido.

Técnica	Criterios considerados
Sustitución de losas de concreto	• Zonas de trabajo cerradas por lo menos un mes afectando el tránsito. • La sustitución de las losas implicaba una reconstrucción del 47% del pavimento rígido
Sobrecarpeta asfáltica con geomalla retardante de reflexión de grietas	• Zonas de trabajo cerradas por periodos de tiempo mayores a 15 días afectando el tránsito. • Aparición de grietas debido a la reflexión de las juntas de las losas en un periodo a mediano plazo.
Sobrecarpeta asfáltica sobre concreto hidráulico mediante resonancia "Rubblizing"	• Zonas de trabajo cerradas por periodos cortos de tiempo, ya que inmediatamente después del Rubblizing se coloca la carpeta asfáltica y se puede dar apertura al tráfico. • Mayor duración, al prever un mayor desempeño y menor cantidad de trabajos de conservación

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el segmento 04 se usó la técnica de fragmentación mediante frecuencia de resonancia “Rubblizing” en las losas de concreto hidráulico para la rehabilitación del pavimento.

El Rubblizing se aplicó en todo el ancho de la corona en una longitud de 30 km del segmento 04, específicamente del **km 90+000 al 120+000**.

Fig. Distribución de pavimento del segmento 04 antes del Rubblizing

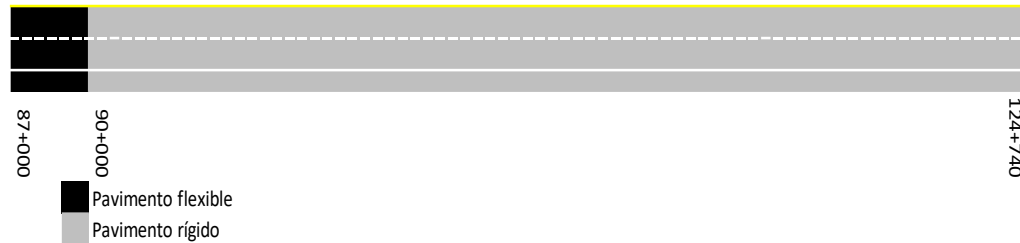


Fig. Distribución de pavimento del segmento 04 después del Rubblizing

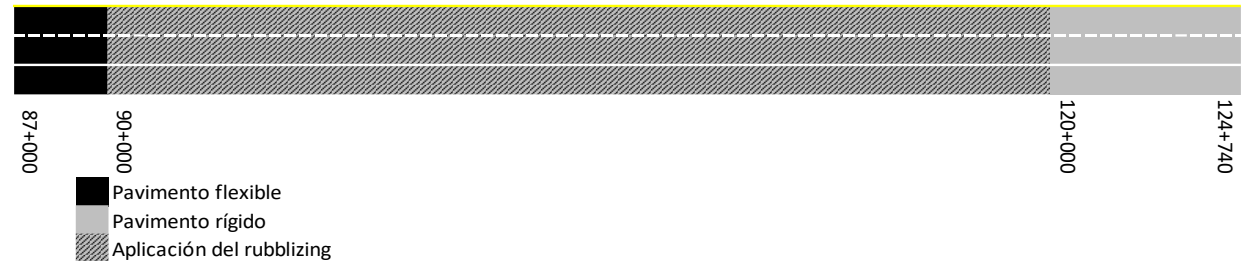


Fig. Estructura de pavimento rígido sin Rubblizing

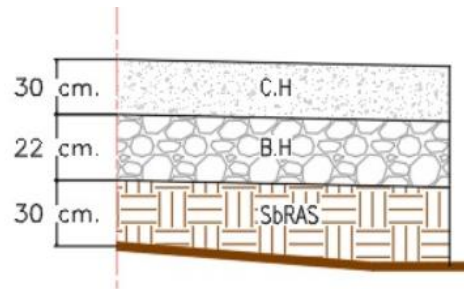
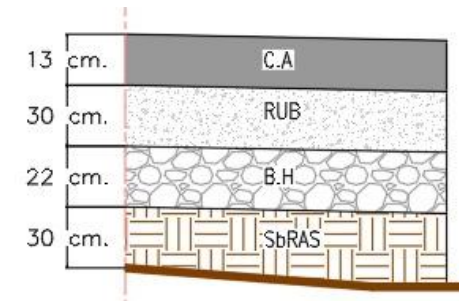


Fig. Estructura de pavimento flexible con Rubblizing



EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

CONDICIÓN INICIAL DE LA CARRETERA

Antes de aplicar la técnica de rubblizing, el pavimento hidráulico presentaba un deterioro significativo, con fisuración generalizada, fallas en juntas, asentamientos y pérdida de capacidad estructural. Aunque su funcionalidad está comprometida, aún conservaba suficiente integridad para ser reutilizado.



Tabla. Condición inicial pavimento rígido.

Estándar de Desempeño			Condición inicial	Condición en Cumplimiento promedio/km
E1	DS	Deterioros Superficiales	47%	< 5 %
E2	IRI	IRI	4.46 m/km	< 2.5 m/km
E3	PR	Profundidad de Rodera	7.5 mm	< 12 mm
E4	Def	Deflexiones	313 μ m	< 500 μ m



Fig. Reparaciones dañadas



Fig. Reflexión de grietas y reparaciones dañadas

*Reproducir video

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

TÉCNICA DE RUBBLIZING Y COLOCACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE ALTO DESEMPEÑO

La técnica de rubblizing es una solución ampliamente utilizada para la rehabilitación de pavimentos de concreto hidráulico deteriorado, especialmente cuando se busca aprovechar la estructura existente como base para una nueva carpeta asfáltica.

Este método consiste en fracturar las losas de concreto en pequeños fragmentos interconectados que permanecen en el lugar, formando una base estructural estable y continua. El proceso llevado a cabo en el proyecto implicó la aplicación de la técnica de rubblizing más la colocación de una carpeta de alto desempeño de 6 cm de espesor.

1. Preparación del Área de Trabajo
2. Ejecución del Rubblizing
3. Compactación del Material Fracturado
4. Colocación de la Nueva Capa Asfáltica



Fig. Proceso de rubblizing.



Fig. Proceso de compactación post rubblizing.

*Reproducir video

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

TÉCNICA DE RUBBLIZING Y COLOCACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE ALTO DESEMPEÑO

Posterior al proceso de Rubblizing se realizó una compactación con rodillo liso con alrededor de 4 pasadas para el acomodo de las partículas.

Al terminar la compactación, no fue necesario el colocar un riego de liga entonces se colocó una capa de asfalto de alto desempeño (Protocolo AMAAC nivel 4), esto mediante un proceso constructivo convencional.

Una vez terminada la colocación de la carpeta asfáltica de alto desempeño, se puede abrir al tráfico.



Fig. Colocación de carpeta asfáltica de alto desempeño.

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

DESEMPEÑO DEL PAVIMENTO

Al terminar las acciones de rehabilitación inicial mediante la técnica de rubblizing y colocación de carpeta asfáltica de alto desempeño se realizaron las mediciones de auscultación correspondiente, con lo que se determinó que la condición estructural y funcional del pavimento rehabilitado se cumplía con los umbrales contractuales para cada uno de los estándares, como se muestra en la siguiente tabla.

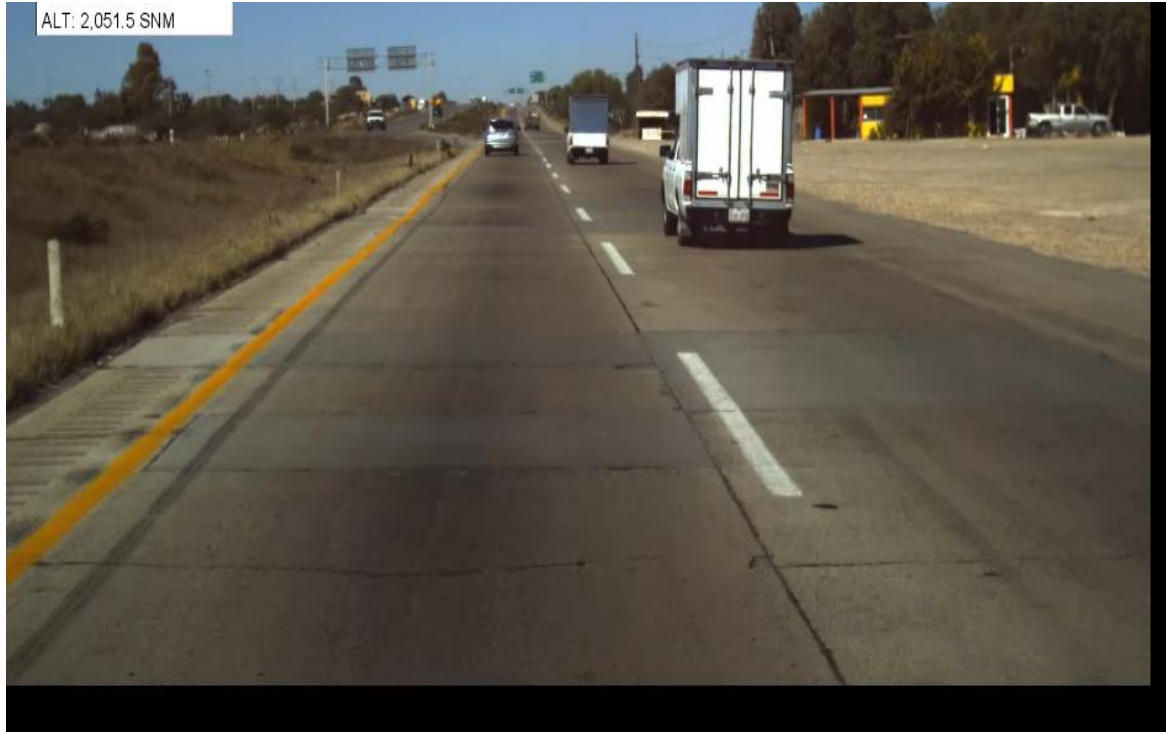
Tabla. Comparativa de resultados post aplicación Rubblizing.

Estándar de Desempeño			Condición inicial	Condición resultante	Umbral permitido
E1	DS	Deterioros Superficiales	47 %	0 %	< 5 %
E2	IRI	IRI	4.46 m/km	1.33 m/km	< 2.5 m/km
E3	PR	Profundidad de Rodera	7.5 mm	2.00 mm	< 12 mm
E4	Def	Deflexiones	313 µm	91 µm	< 500 µm

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

CONDICIÓN POST RUBBLIZING

Condición inicial sin Rubblizing



Condición posterior con Rubblizing



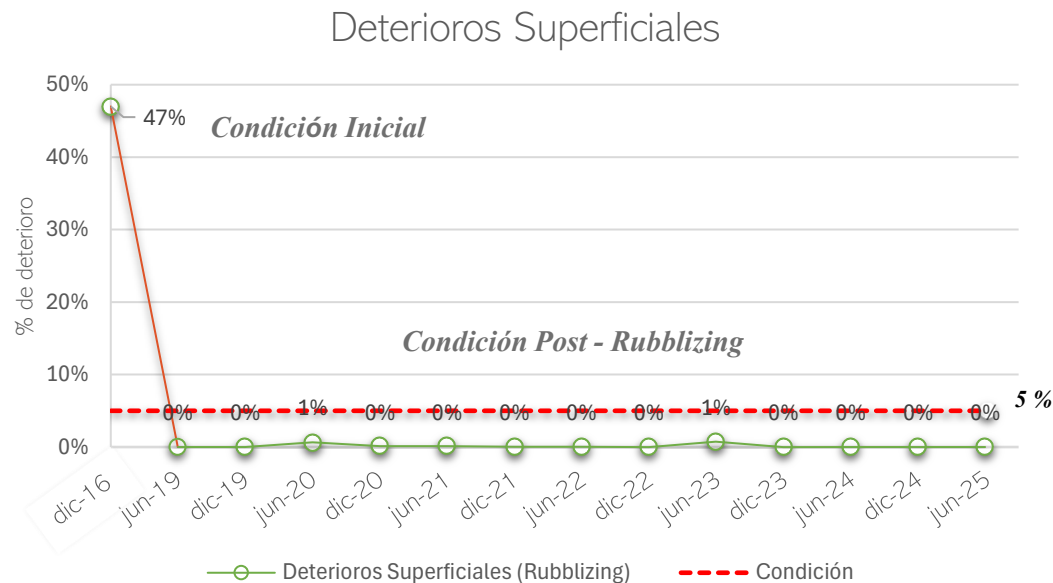
*Reproducir video

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

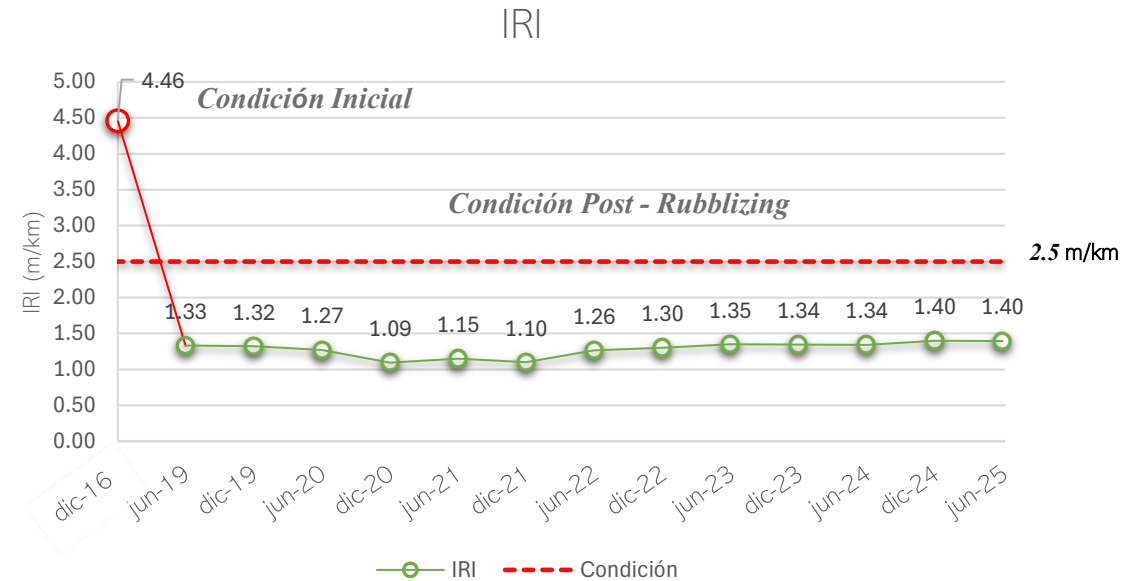
DESEMPEÑO DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

De manera semestral durante los meses de junio y diciembre se realizan auscultaciones de pavimento desde el año 2019 hasta la fecha, esto con el propósito de dar seguimiento y monitorear el comportamiento estructural y funcional de acuerdo con los estándares de desempeño establecidos de manera contractual.

Los resultados obtenidos a través de los años se representan en las siguientes graficas, donde se puede leer que al paso de los años los resultados han oscilado en los mismos rangos desde la rehabilitación inicial hasta la actualidad.



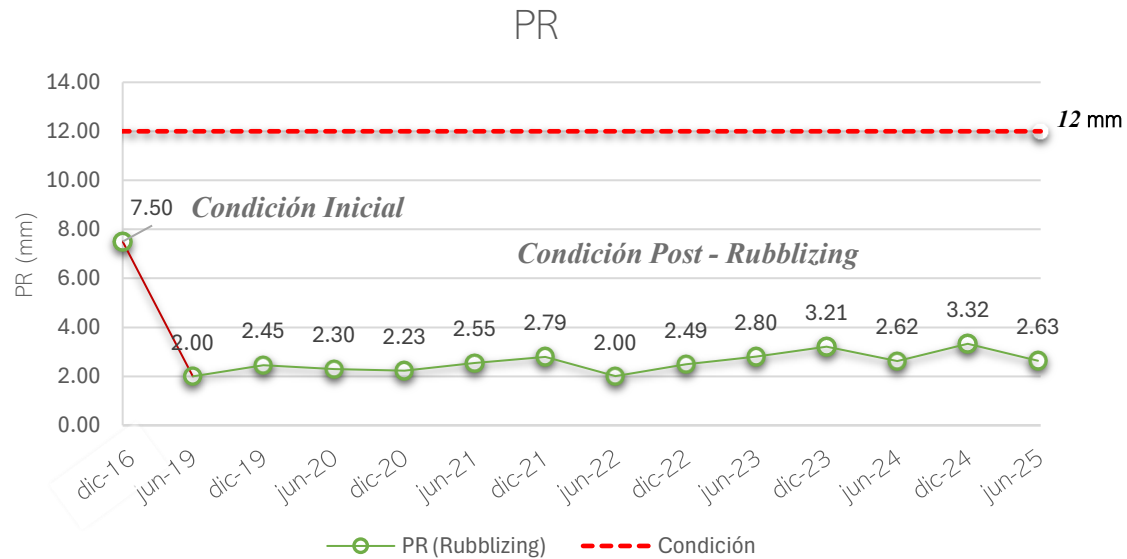
Gráfica 1. Comportamiento de los deterioros superficiales vs el tiempo



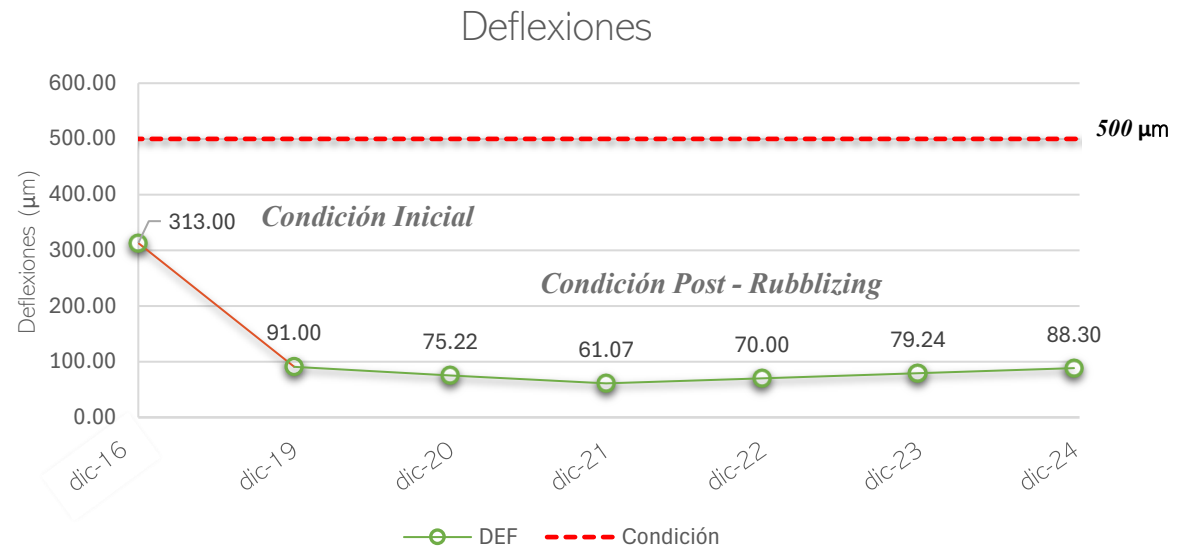
Gráfica 2. Comportamiento del IRI vs el tiempo

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

DESEMPEÑO DEL PAVIMENTO



Gráfica 3. Comportamiento de la profundidad de rodera vs el tiempo

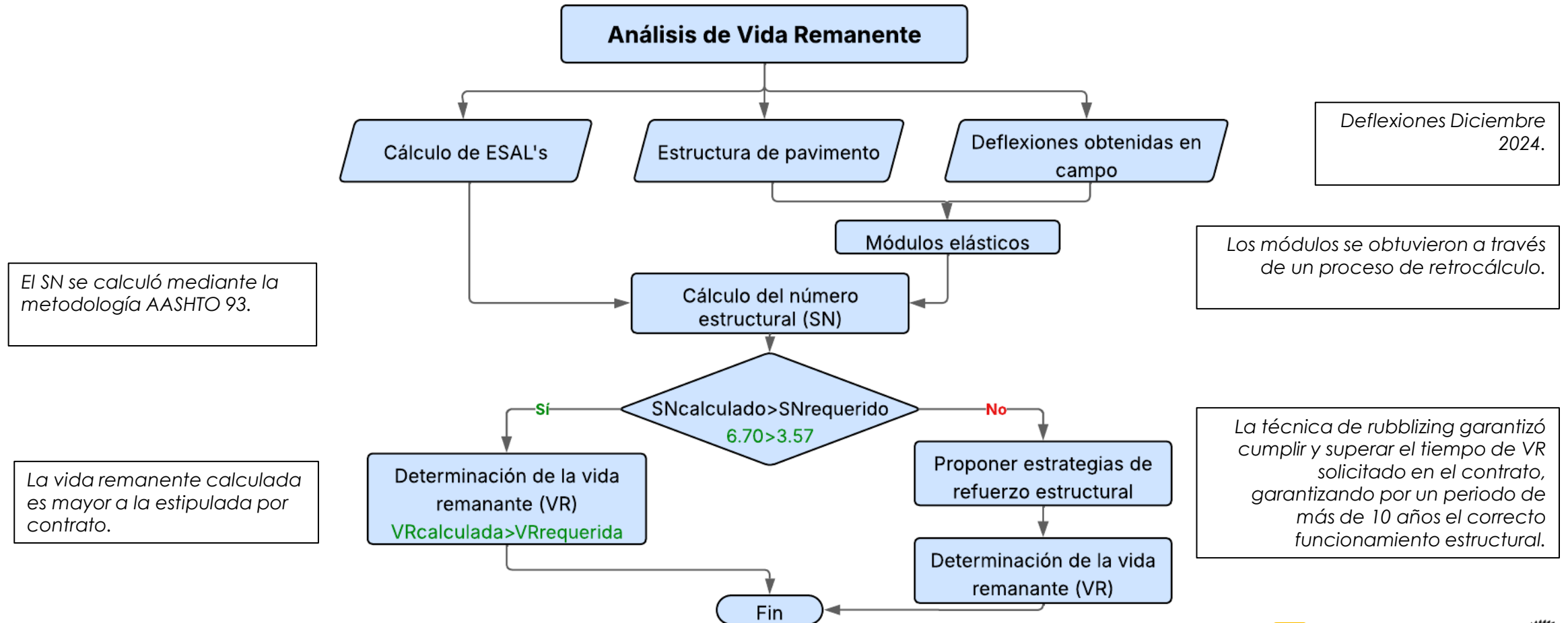


Gráfica 4. Comportamiento de las deflexiones vs el tiempo

EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

DETERMINACIÓN DE LA VIDA REMANENTE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

La vida remanente de una estructura de pavimento se refiere al tiempo o número de cargas (tránsito) que el pavimento puede seguir soportando antes de que se requiera una rehabilitación mayor o reconstrucción.



EL RUBBLIZING, UNA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL APP QUERÉTARO – SAN LUIS POTOSÍ

CONCLUSIONES

El rubblizing fue una técnica clave para el éxito de la factibilidad en la rehabilitación y conservación del pavimento en el APP Querétaro – San Luis Potosí, generando a lo largo de este tiempo las siguientes experiencias.

- Cumplimiento con todos los estándares de desempeño funcional y estructural que se especifican por contrato.
- Reducción significativamente los costos de conservación, al realizar únicamente trabajos de conservación superficial y sin intervenir la estructura del pavimento.
- Prolongar la vida estructural del pavimento y cumplir con la vida remanente contractual.

El uso de la técnica de rubblizing representa una aplicación clara de la economía circular en infraestructura vial, al convertir un pavimento rígido deteriorado en un recurso útil para una nueva capas estructural, esto promueve una gestión más sostenible de los recursos, al tiempo que optimiza los costos, mejora la eficiencia constructiva y reduce el impacto ambiental.

La implementación de rubblizing en el APP Querétaro – San Luis Potosí permitió reutilizar como base aproximadamente **72,000 m³** de concreto hidráulico.

¡ muchas gracias!

Ponente: Ing. Hugo Ernesto Lara López

Contacto: hlara@grupohi.mx

