

Lozano Menehem, María Victoria

**Nuevas metodologías de
evaluación para capas
estabilizadas en caminos
rurales**

**Tesis para la obtención del título de grado
de Ingeniera Civil**

Director: Fontana, Marcos

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)

FACULTAD de INGENIERÍA
CARRERA de INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA**

Universidad Jesuita

DOCUMENTO DE TRABAJO FINAL

**NUEVAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN PARA
CAPAS ESTABILIZADAS DE CAMINOS RURALES**

Autor: LOZANO MENEHEM, MARÍA VICTORIA

Tutor: Dr. QUINTANA, ENRIQUE

**Asesores: ING. FONTANA, MARCOS – ING. GANANCIAS,
FACUNDO MATÍAS**

2023



NOTA DE ACEPTACIÓN

Universidad Católica de Córdoba

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Título: Nuevas Metodologías para la Evaluación de Capas Estabilizadas en Caminos Rurales

Autor: Lozano Menehem, María Victoria

Calificación:

.....

Firma y Aclaración de Presidente de Mesa Examinadora

.....

Firma y Aclaración de Vocal de Mesa Examinadora

.....

Firma y Aclaración de Vocal de Mesa Examinadora

Córdoba, 24 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA
Universidad Jesuita

**Nuevas Metodologías de Evaluación
para Capas Estabilizadas de Caminos Rurales**



AGRADECIMIENTOS

A mi madre Nancy y mis hermanas Florencia y Emilia por ser el sostén de mi vida, quienes me hicieron ser lo que soy. Nunca me alcanzarán las palabras para agradecerles el apoyo incondicional, el amor y todo lo que hacen por mí.

A mi abuela Florencia, mi segunda madre y uno de los amores más grandes en mi vida, quien nunca dejó de alentarme.

A toda mi familia, mis seres queridos, amigas y amigos que me acompañaron y acompañan en el camino de la vida e influyeron positivamente a lo largo de él.

A mis compañeros, especialmente a Giuliana y Miranda, quienes no solo me ayudaron a lo largo de esta etapa y la volvieron una aventura, sino que se convirtieron en lo más hermoso que me llevo de ella.

A mi padre Fredy y los demás que hoy no están conmigo, pero los llevo en el corazón, siempre serán mi lucero.

Al Ing. Enrique Quintana, mi tutor, por su tiempo, dedicación y gran entrega durante el desarrollo de este trabajo enseñándome y transmitiéndome sus conocimientos.

A mi Fe y a todos simplemente gracias.



RESUMEN

El problema a solucionar es el mejoramiento y mantenimiento de las vías de tránsito, con metodologías de relevo de información y de mantenimiento acordes con los recursos disponibles en cualquier localidad, de modo de hacer un uso eficiente de los mismos.

Los objetivos propuestos fueron la detección de fallas mediante una metodología rápida, económica y disponible en cualquier campo; la selección de los procedimientos de mejora y mantenimiento adecuados a cada situación; la elaboración de un catálogo para el reconocimiento, clasificación y evaluación de fallas en las vías de tránsito; la aplicación y comparación de distintos estabilizadores en un tramo de camino en el interior de la Provincia de Córdoba, Argentina.

Las metodologías aplicadas fueron el uso de drones y cámara fotográficas manuales para el relevamiento de tres tramos de caminos estabilizados experimentales. Pasados 36 días después de terminados los trabajos, se relevaron los tramos tomando como base el catálogo de fallas y se interpretó mediante el software de uso libre ImageJ. Luego de 511 días se volvió a relevar los mismos y se evaluó el comportamiento de las estabilizaciones en función de la evolución de las fallas.

Tomando como base esa información se propuso un tratamiento específico según las fallas y se estimó el tiempo en que debería realizarse el mantenimiento para alcanzar una mejora progresiva eficaz.

Se comprobó que los procedimientos implementados en la recopilación de la información fueron los adecuados al propósito previsto, principalmente en la variable económica por su adecuación a cualquier presupuesto. El relevamiento fotográfico y la medición con ImageJ reducen sensiblemente los tiempos de evaluación lo que conlleva una toma de decisiones en tiempo y forma.

PALABRAS CLAVES

Suelo – Estabilización - Camino rural – Falla - Mejoras progresivas - Crecimiento hacia arriba - Mantenimiento vial



ABSTRACT

The problem to be solved is the improvement and maintenance of transit roads, with the better ways of information and maintenance methodologies in accordance with the resources available in any locality, in order to make efficient use of them.

The proposed objectives were the detection of failures through a fast, economical and available methodology in anywhere; the selection of improvement and maintenance procedures appropriate to each situation; the elaboration of a catalog for the recognition, classification and evaluation of failures in the roads; the application and comparison of different stabilizers in a part of a road in the interior of the Province of Córdoba, Argentina.

The applied methodologies were the use of drones and manual cameras for the survey of three sections of experimental stabilized roads. After 36 days after the tasks were finished, the sections were surveyed based on the failure catalog of failures and interpreted using the free software ImageJ. After 511 days, they were surveyed again and the behavior of the stabilizations was evaluated based on the evolution of the failures.

Based on this information, a specific treatment was proposed according to the failures and the time in which maintenance should be carried out to achieve an effective progressive improvement was estimated.

It was verified that the procedures implemented in the collection of information were adequate for the intended purpose, mainly in the economic variable due to its adaptation to any budget. Photographic survey and measurement with ImageJ significantly reduce evaluation times, which leads to decision-making in a timely manner.

KEY WORDS

Soil – Stabilization - Country road – Failure - Progressive improvements - Upward growth
- Road maintenance



ÍNDICE

Capítulo 1 : ASPECTOS INTRODUCTORIOS.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Generales	5
1.3.2. Específicos.....	5
1.4. ANTECEDENTES	6
1.4.1. Utilización de drones para relevamientos lineales	6
1.4.2. Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT).....	6
1.4.3. Mapeo de manifestaciones patológicas en pavimento asfáltico por medio del uso de drones	7
1.4.4. Antecedentes implementados en esta investigación	7
1.4.4.1. Metodología de Evaluación De Estado de los Pavimentos (1981).....	7
1.4.4.2. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (1990)...	8
1.4.4.3. Pavement Condition Index (PCI) (2002)	8
1.4.4.4. Manual de Caminos Rurales (2018)	8
1.4.4.5. NORMA DNIT 006/2003 – PRO	8
Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. TIPOS DE CAMINOS.....	11
2.2. PAVIMENTO	11
2.2.1. Tipos de pavimentos	12
2.2.1.1. Pavimentos flexibles.....	12
2.2.1.2. Pavimentos semirrígidos	16
2.2.1.3. Pavimentos rígidos.....	16
2.3. SUELOS	19
2.3.1. Clasificación de suelos.....	19



2.3.1.1. Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS)	19
2.3.1.2. Clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officers (AASHTO)	24
2.4. GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	27
2.4.1. Suelos para uso vial	33
2.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	35
2.5.1. Métodos de estabilización	36
2.5.1.1. Estabilización Física	37
2.5.1.2. Estabilización Mecánica	39
2.5.1.3. Estabilización Química	40
2.5.2. Aditivos utilizados	43
2.5.2.1. Estabilizadores iónicos	44
2.5.2.2. Resinas y polímeros	46
2.5.2.3. Cemento Portland	47
2.5.2.4. Emulsión	56
2.6. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	57
Capítulo 3 : METODOLOGÍAS	58
3.1. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN	59
3.1.1. Metodología de evaluación de estado de los pavimentos D.N.V	59
3.1.1.1. Evaluación de estado de los pavimentos	60
3.1.2. Método de Evaluación superficial de vías empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)	69
3.1.3. Planificación de vuelo y toma de imágenes	76
3.2. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	76
3.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	79
Capítulo 4 : CATÁLOGO DE FALLAS	80
4.1. CATÁLOGO DE FALLAS Y MANTENIMIENTO	81
4.1.1. Pavimentos flexibles	83
4.1.1.1. Deformaciones permanentes	84



4.1.1.2.	Fisuras o agrietamientos	101
4.1.1.3.	Desintegraciones.....	126
4.1.1.4.	Otras fallas	151
4.1.2.	Pavimentos rígidos.....	162
4.1.2.1.	Defectos de superficie	163
4.1.2.2.	Defectos estructurales.....	174
4.1.2.3.	Deterioro de juntas	203
4.1.2.4.	Otras Fallas.....	209
4.1.3.	Caminos rurales	210
4.1.3.1.	Tareas de conservación y mantenimiento en caminos rurales.....	233
4.2.	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.....	239
Capítulo 5	: DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	240
5.1.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO	241
5.1.1.	Topografía.....	248
5.2.	CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	249
5.2.1.	Temperaturas.....	249
5.2.1.1.	Temperatura promedio en Monte Cristo	249
5.2.1.2.	Nubes.....	253
5.2.2.	Hidrología	254
5.2.2.1.	Precipitación.....	254
5.2.2.2.	Sol.....	256
5.2.2.3.	Humedad.....	258
5.2.2.4.	Viento.....	259
5.3.	TRÁNSITO.....	261
5.4.	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.....	262
Capítulo 6	: CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS.....	264
6.1.	ESTABILIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS	265
6.1.1.	Tramo 1	266
6.1.1.1.	Tareas realizadas.....	266



6.1.2. Tramo 2	276
6.1.2.1. Tareas realizadas.....	276
6.1.3. Tramo 3	283
6.1.3.1. Tareas realizadas.....	283
6.2. CONCLUSIÓN DEL CAPITULO.....	286
Capítulo 7 : EVALUACIÓN DE LAS ESTABILIZACIONES.....	288
7.1. RELEVAMIENTO INICIAL (13/05/2021).....	289
7.1.1. Tramo 1	289
7.1.1.1. Mediciones	291
7.1.2. Tramo 2	305
7.1.2.1. Mediciones	306
7.1.3. Tramo 3	314
7.1.3.1. Mediciones	315
7.2. RELEVAMIENTO FINAL (31/08/2022)	326
7.2.1. Tramo 1	326
7.2.1.1. Mediciones	328
7.2.2. Tramo 2	341
7.2.2.1. Mediciones	342
7.2.3. Tramo 3	349
7.2.3.1. Mediciones	350
7.3. COMPORTAMIENTO DE TRAMOS.....	362
7.3.1. Tramo 1	362
7.3.2. Tramo 2	363
7.3.3. Tramo 3	364
7.4. CONCLUSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TRAMOS	366
7.4.1. Tramo 1	366
7.4.2. Tramo 2	368
7.4.3. Tramo 3	374
7.5. CONCLUSIÓN DE LOS ESTABILIZADORES.....	378



7.6. CONCLUSIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	381
Capítulo 8 : CONCLUSIONES FINALES.....	383
Capítulo 9 : RECOMENDACIONES	387
BIBLIOGRAFÍA	391
REFERENCIAS	396
Figuras	396
Tablas.....	406
ANEXO.....	410



Capítulo 1 : ASPECTOS INTRODUCTORIOS

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 1 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



1.1. INTRODUCCIÓN

Los caminos rurales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las regiones donde están trazados, puesto que son las vías de circulación de la producción y mercancías en general, desplazamiento de animales y maquinaria, así como para mejorar la calidad de vida de los pobladores en cuanto al acceso a la educación, salud, turismo y para la economía de las comunidades.

Esta infraestructura, configurada por caminos rurales terciarios o vecinales, suele ser de tierra y presentar diversos grados de deterioros debido a la escasez presupuestaria. La falta de mantenimiento adecuado lleva a situaciones complejas tales como la ubicación por debajo de la cota de los campos, que traen aparejado graves problemas de erosión y la conversión del camino en un canal.

“La Asociación Argentina de Carreteras (2018) señala que, “existen más de 500.000 kilómetros de caminos rurales, de los cuales 260.000 se encuentran en la pampa húmeda, destacándose la provincia de Buenos Aires con 120.000 kilómetros, Córdoba con 50.000 kilómetros y Santa Fe con 60.000 kilómetros”. Manual de Caminos Rurales. (p.3)

En los años 70 la política vial de la provincia de Córdoba utilizaba el concepto de “mejoras progresivas”. El significado de este término implica que toda inversión realizada en la estructura de los caminos de tierra, debe manifestarse en una mejora en sus condiciones, de modo tal que, con el paso del tiempo, se conforme un paquete estructural apropiado para su pavimentación, gracias al crecimiento “hacia arriba” del camino. La mejora progresiva comienza con la ejecución de estructuras mínimas, de bajo costo, con la idea de que, antes de llegar a un deterioro irreparable y de que se pierda toda la inversión realizada en tal camino, se ejecute una segunda etapa, así sucesivamente hasta lograr en un período de 4 o 5 años la estructura realmente necesaria para el camino que se corresponda con su nivel de tránsito y tipo de subrasante.

El crecimiento “hacia arriba” permite aprovechar la enorme energía que transmite el tránsito, sobre todo el de pesados. Para que este ciclo virtuoso ocurra, se debe trabajar con un nivel técnico y de experticia que otorgue la mayor durabilidad a las capas granulares colocadas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 2 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Las nuevas tecnologías y técnicas de estabilización de suelos, pueden ser una solución para el problema de los caminos de tierra, siempre que formen parte de una política integral y se tengan en cuenta los conceptos básicos relacionados con la vida útil esperable para estructuras de una capacidad estructural inferior a la que provendría de un diseño según normas técnicas tales como las AASHTO.

Las metodologías de estabilización física, química o mineralógica de los suelos, deben tender a un equilibrio entre resistencia y confortabilidad. Históricamente, se han usado mezclas de suelos con cal o cemento, pero el carácter puzolánico de los loess pampeanos suele llevar a un exceso de rigidez en las mezclas de suelo-cal transformándolas, al igual que las de suelo-cemento, en una capa rígida de muy difícil transitabilidad, generando graves problemas para las futuras tareas de reconstrucción o recapado.

Además de la cal, el cemento y el asfalto, que constituyen los aditivos tradicionales, en la actualidad existen otros, basados en procesos químicos iónicos, poliméricos, puzolánicos, etc. Por otra parte, los residuos de la agroindustria y ciertos residuos de la industria metalmeccánica constituyen igualmente importantes alternativas para la estabilización o el mejoramiento de las redes viales de tierra y caminos rurales.

Con relación a lo antes expuesto, en el presente trabajo se desarrolla una metodología basada en la evaluación visual de los deterioros presentes en un camino, mediante relevamiento con drones. Este tipo de metodología permite reducir los tiempos de relevamiento y detectar a tiempo el grado de deterioro de las capas estabilizadas y poder intervenir antes de que se pierda la capacidad estructural mínima. De ese modo, si se van llevando a cabo oportunamente las intervenciones que correspondan de acuerdo al relevamiento irían aumentando la capacidad del paquete estructural hasta llegar al que correspondería a un proyecto según normas técnicas.

En otros capítulos se analizan las ventajas y desventajas de ciertos aditivos utilizados para la estabilización de las distintas capas materializadas en el camino estudiado.

Con el propósito de contribuir con el estudio y evaluación de los caminos, se propone un catálogo de fallas para determinar patrones que orienten no solo acerca de la gravedad de los daños presentes en las superficies de pavimentos flexibles, rígidos y del tipo rural, sino también para inferir las posibles causas que los generaron y las alternativas de mantenimiento

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 3 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

según el nivel de severidad y a partir de antecedentes como manuales y guías producidos en contextos latinoamericanos con características semejantes a la región que se investiga.

Esta investigación se ha realizado sobre tres tramos experimentales ubicados en el camino secundario S425 que une las localidades de Montecristo y Capilla de los Remedios, en la provincia de Córdoba, cada uno de ellos estabilizado con un aditivo diferente. Ver Figura 1.

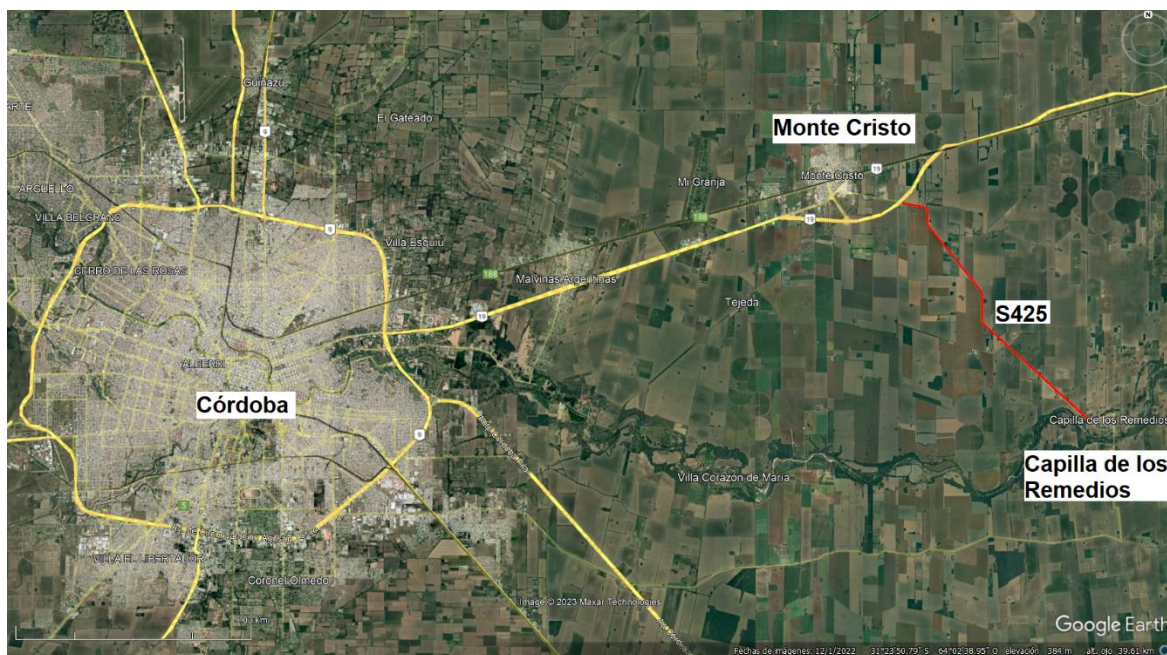


Figura 1: Ubicación camino S425.

Una vez definido y analizado el sitio de estudio donde se materializaron los tramos, se tomaron muestras fotográficas de los principales procesos constructivos y se detallan las tareas realizadas en cada uno de ellos. Paralelamente, se fue desarrollando el catálogo de fallas, con el que se procedió al análisis de las imágenes tomadas.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La realidad en Argentina de los últimos 50 años, especialmente las permanentes crisis económicas, condicionaron la asignación de presupuestos necesarios para la conservación de los caminos de tierra, acompañada por un estancamiento en la tecnología vial, con lo cual la inversión se pierde totalmente antes de iniciarse el segundo ciclo de conservación en un camino. Como resultado de esto, año tras año se vuelve a foja cero y los caminos erosionados

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 4 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



a varios metros por debajo del nivel de los campos se transforman en canales o, en el mejor de los casos, deben ser abandonados transformándose en cárcavas o tierras malas (“bad lands”).

Una de las soluciones encontradas es a través de la estabilización de caminos rurales, mediante procesos físicos, químicos o mineralógicos y, como se refirió anteriormente, con las “mejoras progresivas” de estos tramos estabilizados se aspira a lograr en un cierto período de tiempo el aumento de la capacidad del paquete estructural hasta llegar al que correspondería a un proyecto según norma, de forma de escalonar y adecuar la inversión a los presupuestos existentes.

Por todo lo expuesto anteriormente, se hace necesario contar con un proceso continuo de inspección del estado superficial y para ello el relevamiento y análisis de los caminos debe efectuarse mediante una metodología precisa, rápida, sencilla y de bajo costo que genere la información necesaria para priorizar, planificar y presupuestar el mantenimiento y rehabilitación de los caminos, optimizando los recursos disponibles.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Generales

- Analizar las estructuras obtenidas con distintos tipos de estabilizaciones y estabilizadores mediante sus deterioros.
- Realizar el relevamiento de deterioros con métodos rápidos y eficaces.

1.3.2. Específicos

- Realizar el relevamiento de deterioros en caminos estabilizados mediante imágenes de drones.
- Realizar el tratamiento digital de las imágenes de drones mediante el software adecuado, en este caso el software libre: ImageJ.
- Crear un catálogo para comparar y evaluar deterioros en caminos.
- Discernir ventajas y desventajas de la metodología desarrollada.
- Enumerar ventajas y desventajas de los estabilizadores usados en los tramos experimentales.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 5 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



1.4. ANTECEDENTES

1.4.1. Utilización de drones para relevamientos lineales

Rosa, E. (2020) realizó en Uruguay una investigación sobre la Ruta Nacional N°8 entre los kilómetros 46 y 65, acerca de la utilización de drones para relevamientos topográficos, con el fin de determinar cuán útil resultaría el uso de la fotogrametría mediante este tipo de cámaras, comparado con el relevamiento tradicional.

Utilizó para la planificación de vuelo el software eMotion 3 y las imágenes obtenidas fueron procesadas con el programa Pix 4D. Para los trabajos con GNSS utilizó el Método Diferencial con NTRIP del Instituto Geográfico Militar del Uruguay (IGM), usando Virtual Reference Station (VRS). Luego, se completó el relevamiento de la zona de estudio con Estación Total. Los resultados de ambos procedimientos son un modelo digital del terreno, donde la diferencia entre las superficies relevadas por ambas vías está en el orden de los 2 cm, pero con una desviación estándar del orden de los 10 cm, lo que resulta inadmisibles, por lo que el autor recomienda realizar vuelos UAV (Unmanned Aerial Vehicle) y complementarlos con relevamientos topográficos clásicos tomando datos en el coronamiento de la ruta.

1.4.2. Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)

Cruz Toribio (2018), en Perú, investigó un nuevo procedimiento de evaluación para el monitoreo y conservación de las vías urbanas utilizando vehículos aéreos no tripulados (VANT). Su objetivo fue calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en vías urbanas para determinar las ventajas y desventajas de aplicar la inspección empleando un VANT y el método tradicional del PCI, sobre la Av. Separadora Industrial cuerdas 8-10, Ate, Lima – Perú. Los instrumentos utilizados para el estudio fueron un DJI modelo Phantom 4 Pro y para el procesamiento de imágenes se usó el software Pix4dMapper Pro.

Los resultados obtenidos muestran valores cercanos de PCI, lo cual valida el método VANT como una alternativa adecuada para la evaluación de pavimentos mediante imágenes georreferenciadas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 6 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



1.4.3. Mapeo de manifestaciones patológicas en pavimento asfáltico por medio del uso de drones

Este antecedente consiste en una publicación de la revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción (ALCONPAT) del 2021, en la cual se estudia la viabilidad del empleo de drones para mapear e inspeccionar patologías en pavimentos asfálticos en comparación con el método tradicional. En el mismo se emplean parcelas muestrales cada 20 m, con 6 m de extensión, y un total de 20 estaciones, donde en cada una fue calculado el Índice de Gravedad Global.

Los resultados obtenidos con las metodologías tradicionales y la alternativa se confrontaron en función de las patologías identificadas y del tiempo empleado en los relevamientos. Los resultados demostraron la viabilidad del empleo de Drones en la inspección de fallas de pavimentos asfálticos, tomando como base la Norma DNIT 006/2003 - PRO, obteniendo resultados similares a la metodología tradicional, pero con reducción significativa del tiempo de operación (33,3%).

1.4.4. Antecedentes implementados en esta investigación

Los documentos mencionados en este apartado sirvieron como fundamento para la elaboración del presente proyecto y, en algunos casos, fueron adaptados a las condiciones de esta investigación.

1.4.4.1. Metodología de Evaluación De Estado de los Pavimentos (1981)

En 1981, en Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad realizó una investigación para proporcionar los fundamentos técnicos para la formulación de programas de obras de refuerzo y mantenimiento de la red nacional de caminos, donde convocó a profesionales de los distritos provinciales en razón del conocimiento de los mismos respecto de las rutas de su jurisdicción. La metodología de trabajo estuvo basada en la experiencia obtenida durante el desarrollo del estudio de Necesidades Viales, que realizó la D.N.V con la participación de firmas consultoras.

Según esta metodología, para decidir correctamente los trabajos a realizar se debe conocer el estado del pavimento, mediante el relevamiento y análisis periódico de las fallas y su comportamiento bajo la aplicación de cargas. Los indicadores más significativos en el proceso normal de deterioro de los pavimentos son las fallas, la adherencia entre neumático y pavimento, la deflexión y el radio de curvatura.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 7 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



1.4.4.2. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (1990)

El departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos de la República Dominicana desarrolló un sistema de identificación y evaluación de daños visibles en los pavimentos y un programa de rehabilitación de carreteras, utilizando como muestra la red de carreteras pavimentadas a cargo del departamento, aplicando diversos antecedentes extranjeros y la experiencia local. Los resultados obtenidos conformaron un documento de consulta orientado básicamente a facilitar la identificación de las fallas en el campo, establecer las posibles causas, la severidad y frecuencia con que se manifiestan y, en base a éstos, orientar en la selección de las técnicas de reparación más eficaces.

1.4.4.3. Pavement Condition Index (PCI) (2002)

El Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela, en Manizales, Colombia, desarrolló una metodología para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles y rígidos mediante un índice que relaciona la clase de daño, su severidad y la densidad obtenidos a través de un inventario visual de la condición del pavimento, con el fin de conocer la integridad estructural y de la condición operacional de la superficie. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0) para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

1.4.4.4. Manual de Caminos Rurales (2018)

La Comisión de Caminos Rurales de la Asociación Argentina de Carreteras, desarrolló un manual donde se encuentran los fundamentos básicos de hidrología, hidráulica y drenaje, así como las herramientas para el control de gestión. El mismo incluye la clasificación y estabilización de suelos, conceptos de diseño geométrico, aspectos de planificación de una red vial y tareas de conservación, entre otros temas. El objetivo de esta metodología es generar una herramienta útil para aquellos responsables del manejo y mantenimiento de los caminos de tierra, a los efectos de lograr una red de caminos funcional a las distintas actividades públicas y privadas.

1.4.4.5. NORMA DNIT 006/2003 – PRO

Realizada por la Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR en Brasil, esta norma establece las condiciones requeridas para la evaluación objetiva de la superficie de pavimentos flexibles y semirrígidos para el inventario y clasificación de fallas aparentes y

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 8 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



deformaciones permanentes. La misma describe el equipo necesario, establece conceptos de degradación del pavimento basados en cálculos de frecuencias absolutas y relativas de ocurrencias inventariadas y define el Índice de Gravedad Global.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 9 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 10 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2.1. TIPOS DE CAMINOS

La Red Vial Argentina, en la cual circulan todo tipo de vehículos, se encuentra bajo la jurisdicción de las autoridades nacionales, provinciales y municipales, que son las responsables de la aplicación de las leyes de tránsito y de su mantenimiento a través de los organismos públicos específicos de vialidad. Los distintos tipos de caminos se pueden categorizar del siguiente modo, de acuerdo con los apuntes de la Cátedra Vías de Comunicación II (2019) de la UCC:

- Primera categoría: son vías que funcionan como arterias y son empleadas por el tránsito pesado; son de gran importancia para el desplazamiento de personas y mercaderías. Están conformadas generalmente por rutas nacionales, bajo la jurisdicción de la Nación.
- Segunda categoría: son las arterias empleadas por el tránsito urbano, generalmente de jurisdicción provincial, donde cada provincia tiene un organismo encargado del mantenimiento, ampliación y mejora de sus rutas; en algunos casos a cargo de “consorcios camineros”.
- Tercera categoría: arterias empleadas por el tránsito residencial, compuesto por caminos, calles y rutas que dependen de los municipios o comunas.

2.2. PAVIMENTO

Los pavimentos que conforman gran parte de las vías urbanas y carreteras, son estructuras viales constituidas por un conjunto de capas superpuestas encargadas de resistir las cargas dinámicas del tránsito. A su vez, a cada capa le corresponde una estructura y un material específico que, en función de la ubicación en el paquete estructural, presenta una mayor capacidad a medida que se encuentra más cerca de la superficie de rodamiento. No obstante, también debe brindar una regularidad superficial, transversal y longitudinal, resistencia al deslizamiento, además de una superficie segura, cómoda y confortable para los usuarios y sus vehículos. Estos vehículos producen cargas dinámicas sobre el pavimento, provocando en las interfaces de la estructura esfuerzos cíclicos, deformaciones verticales, horizontales y de corte.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 11 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2.2.1. Tipos de pavimentos

Se clasifican a partir de su composición y de su comportamiento ante las cargas. A continuación, se describen los tres tipos de pavimentos reconocidos.

2.2.1.1. Pavimentos flexibles

Son pavimentos formados por una serie de capas constituidas por materiales con resistencia a la deformación decreciente con la profundidad. Estas estructuras están conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, las cuales están compuestas de materiales granulares no ligados: sub-rasante, sub-base, base, ver Figura 3. Los esfuerzos generados por los vehículos se disipan a medida que se trasladan hacia las capas más bajas hasta la sub-rasante, por lo que el suelo debe poseer la suficiente resistencia mecánica para resistir dichos esfuerzos sin incurrir en deformaciones que deterioren la estructura; teniendo en cuenta, además, el desgaste causado por los factores climáticos.

Elementos que conforman la estructura del pavimento

Según la Figura 2, las capas y sus elementos son:

1. Capa de rodamiento o capa asfáltica
2. Base
3. Sub-base
4. Suelo compactado (terraplén o sub-rasante mejorada)
5. Sub-rasante

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 12 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

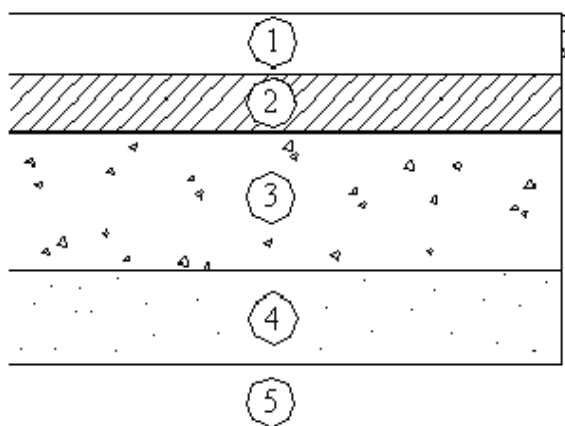


Figura 2: Estructura de pavimento flexible.¹

1. Capa de rodamiento o capa asfáltica

Este tipo de pavimento, posee una capa denominada “capa asfáltica”, constituida por materiales ligantes como el asfalto, formado principalmente por betunes naturales derivados de la refinación del petróleo y agregados pétreos con granulometría determinada y requisitos mínimos de calidad.

La capa asfáltica cumple tres funciones:

- Estructural: para poder resistir los fenómenos de fatiga, efectos del clima y acumulación de deformaciones permanentes.
- Funcional: al recibir de manera directa las cargas, debe estar construida de manera tal que permita una circulación segura y cómoda a sus usuarios.
- Impermeabilizante: debe impedir la penetración directa del agua a las capas inferiores, restringiendo la pérdida de resistencia al corte en estas capas.

2. Base

Esta capa es una de las más importantes, por lo tanto, los materiales que la conforman deben ser de alta calidad y, en función de eso, seleccionados adecuadamente.

Tiene que cumplir las siguientes funciones:

¹ Fuente: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil. (2000)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 13 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Reducir y transmitir las tensiones verticales a la sub-base.
- Reducir las deformaciones de tracción que las cargas ejercen en la capa asfáltica.
- Permitir el drenaje del agua que es infiltrada en el pavimento, a través de los drenajes laterales longitudinales.

3. Sub-base

Es la capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas sobre la superficie de rodadura del pavimento; también debe distribuir las tensiones, reduciéndolas hasta valores admisibles para las capas inferiores. Se ubica entre la base y la sub-rasante sirviendo como material de transición.

4. Capa de suelo compactado (terraplén o sub-rasante mejorada)

El suelo compactado o sub-rasante mejorada, es el suelo del terraplén, solo que este está escarificado y compactado a una determinada profundidad.

5. Sub-rasante

Es la superficie terminada del terreno, sobre la cual se plantará la estructura de pavimento, que tiene por objetivo recibir las cargas transmitidas por la base y sub-base, para poder terminar de distribuirlas a las capas subsecuentes; su función principal es brindar soporte al pavimento. Para poder lograr todo esto, la sub-rasante debe tener una compactación adecuada y un estricto control de obra.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 14 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

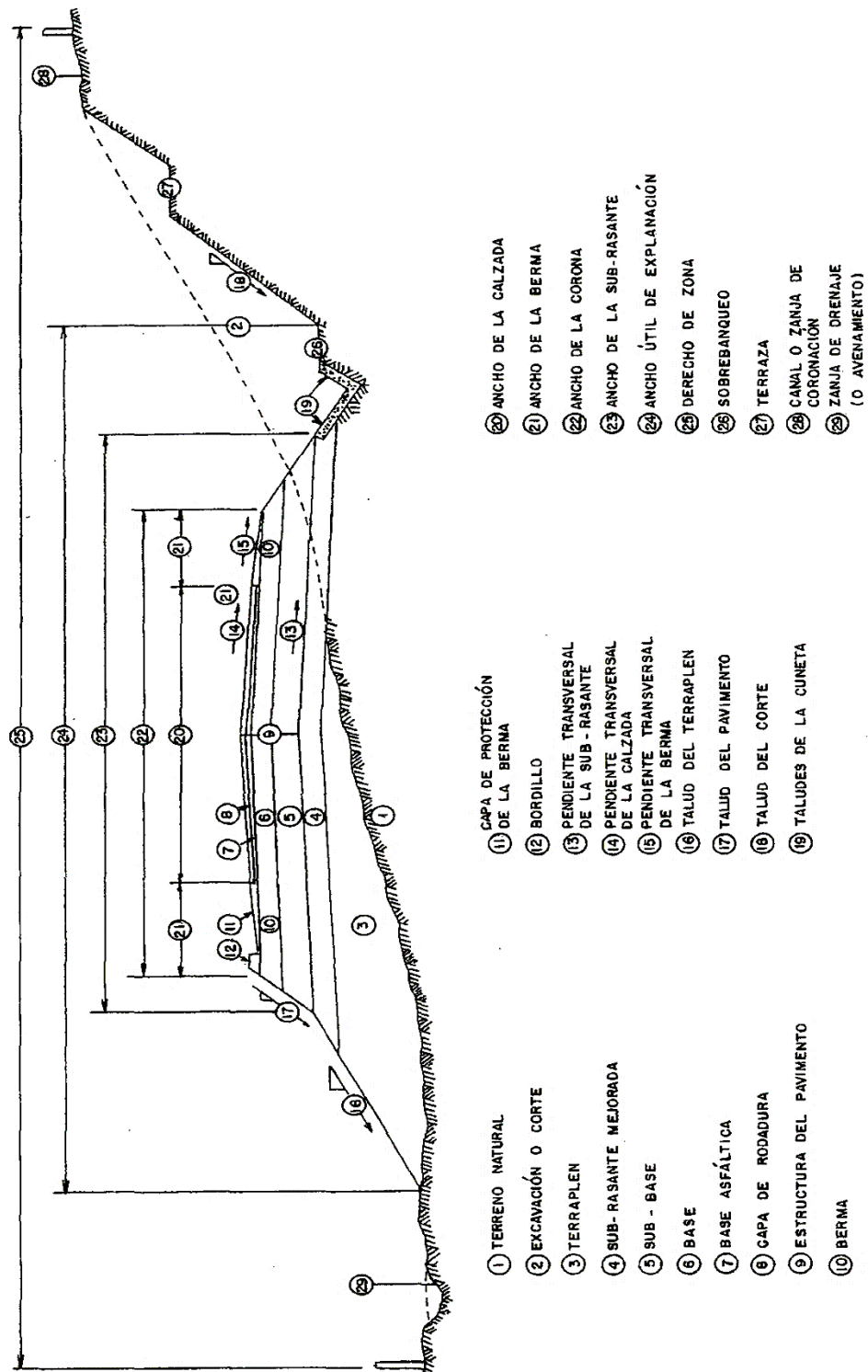


Figura 3: Sección típica de un pavimento flexible.²

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 15 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



2.2.1.2. Pavimentos semirrígidos

La estructura está conformada por una capa asfáltica apoyada sobre una capa de materiales estabilizados con cementantes hidráulicos los cuales, a su vez, se asientan sobre capas granulares no tratadas de sub-base y sub-rasante.

2.2.1.3. Pavimentos rígidos

Están compuestos por una losa de hormigón que descansa sobre la sub-base, generalmente estabilizada y la sub-rasante, ver Figura 4. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

1. La Sub base

La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

² Fuente: Ingeniería de pavimentos, Ing. Alfonso Montejo Fonseca. (1997)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 16 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2. Losa de Hormigón

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 17 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

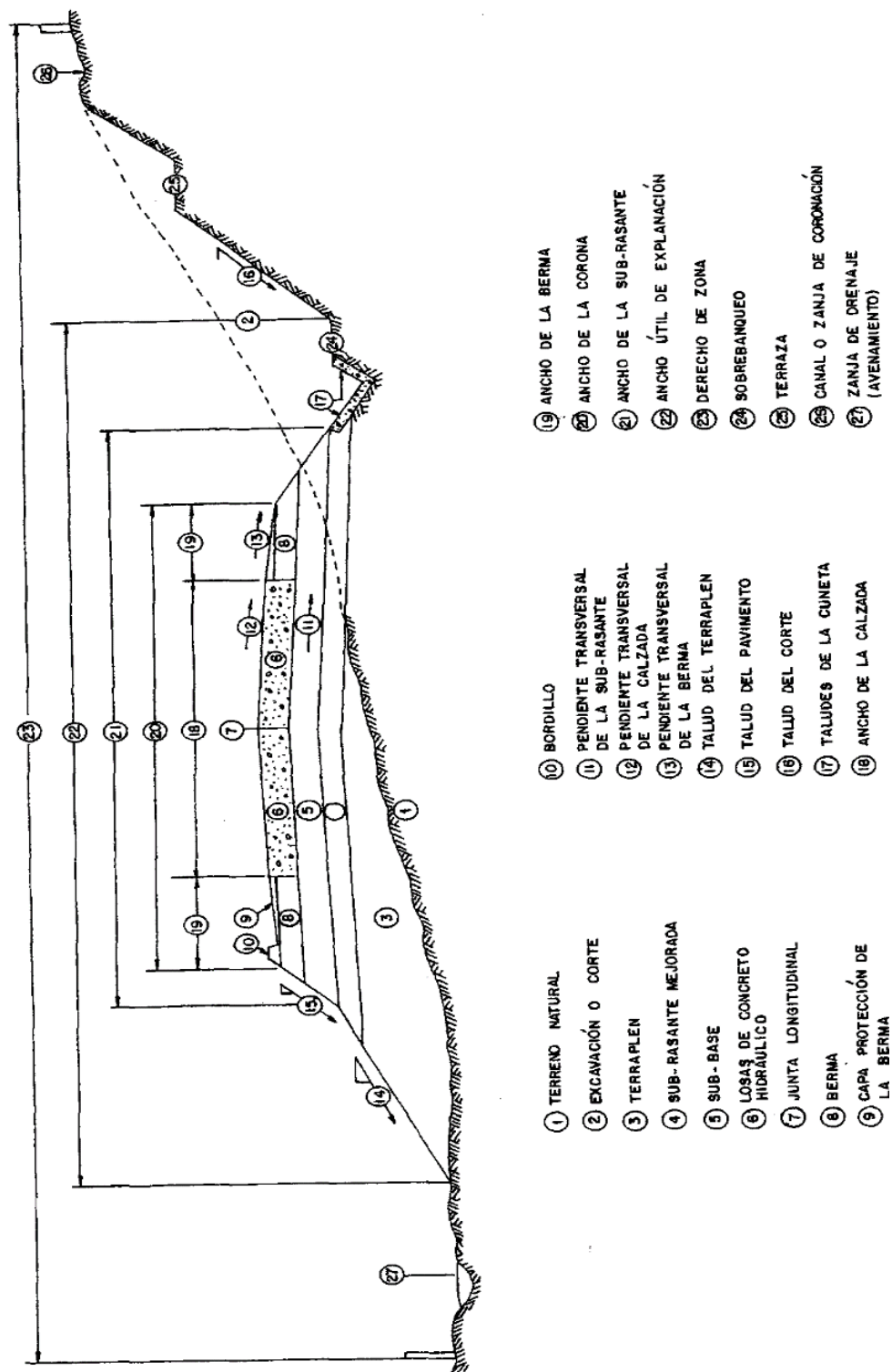


Figura 4: Sección típica de pavimento rígido.³

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 18 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



2.3. SUELOS

Desde el punto de vista ingenieril, el suelo es el sustrato físico en el cual son realizadas diversas obras civiles. Está compuesto por minerales, materia orgánica, aire, agua, etc. Formado a través del tiempo, como producto de la desintegración de las rocas, por lo cual, la característica del mismo dependerá de las rocas de las cuales provienen.

2.3.1. Clasificación de suelos

Es necesario diferenciar los distintos tipos de suelos, ya que estos incluyen un amplio rango de características ingenieriles que son muy útiles a la hora de utilizarlos para diversas tareas. Por este motivo, se debe implementar un método sistemático para categorizar y clasificar el suelo en base a su comportamiento más probable.

Los métodos que han surgido con el transcurso del tiempo se basan en conceptos compartidos, de forma tal que no sea posible confundir suelos aparentemente similares, pero que poseen comportamientos diferentes. Pese a que circulan varios sistemas de clasificación, ninguno es totalmente exclusivo para cualquier tipo de suelo y para todas las aplicaciones posibles debido a la amplia diversidad de propiedades que ellos poseen.

A continuación, se definen tres métodos de clasificación utilizados en Argentina.

2.3.1.1. Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS)

Es el sistema propuesto por Casagrande en 1942 y utilizado internacionalmente. El mismo clasifica los suelos en dos grandes categorías:

- **Suelos Gruesos:** suelos que en la naturaleza son gravosos y arenosos, con más del 50% del suelo que es retenido en el tamiz N°200 (0.075 mm). Los símbolos de grupo inician con los prefijos **G** o **S**. “**G**” se utiliza para suelos compuestos por GRAVAS, cuando más del 50% de la fracción gruesa es retenida en el tamiz N° 4 (4.75 mm) y la “**S**” para ARENAS, cuando más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4 pero es retenida en el tamiz N° 200.

A su vez, estos suelos están clasificados según la continuidad de tamaños de partículas:

- Bien graduados, identificados con “**W**”.

³ Fuente: Ingeniería de pavimentos, Ing. Alfonso Montejo Fonseca. (1997)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 19 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

- Mal o pobremente graduados, identificados con “P”.
- **Suelos finos:** son suelos donde más del 50% pasa el tamiz N°200. Estos suelos corresponden a los LIMOS y LOES inorgánicos, identificados con “M”, para las ARCILLAS inorgánicas, el símbolo de grupo se representa con “C” y los suelos ORGÁNICOS son identificados con “O”. Para el caso de turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos se utiliza el símbolo **Pt**.

Por otro lado, los suelos finos se clasifican según su plasticidad:

- Baja plasticidad: son suelos finos donde el límite líquido es menor a 50. A estos suelos se los identifica con la letra “L”.
- Alta plasticidad: son suelos donde su límite líquido es mayor a 50, los mismos son identificados con la letra “H”.

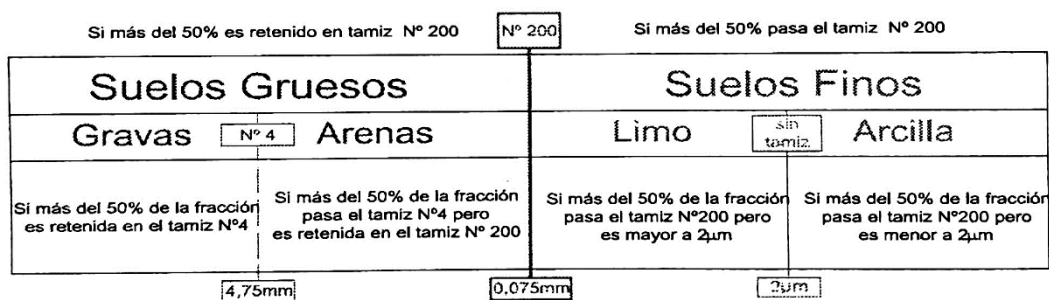


Figura 5: Categorías según SUCS.⁴

La identificación de suelos tipo grava corresponde a la descripción de la Tabla 1. Para suelos arenosos, se presenta la Tabla 2.

⁴ Fuente: Toledo, Cruz, & Martín Schmädke. (2015)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 20 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO		
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL		
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 1: Símbolos de grupo para suelos tipo grava.⁵

SÍMBOLO DE GRUPO	CRITERIO
GW	Menos de 5% pasa el tamiz N°200; $C_u \geq 4$; $1 < C_z < 3$
GP	Menos de 5% pasa el tamiz N°200; No cumple con ningún criterio de GW.
GM	Más de 12% pasa tamiz N°200; Los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (Figura 6); Índice de plasticidad < 4 .
GC	Más de 12% pasa tamiz N°200; Los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (Figura 6); Índice de plasticidad > 7 .
GC-GM	Más de 12% pasa tamiz N°200; Los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada con CL-ML en la Figura 6.
GW-GM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para GW y GM.
GW-GC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para GW y GC.
GP-GM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para GP y GM.
GP-GC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para GP y GC.

Tabla 2: Símbolos de grupo para suelos arenosos.⁶

SÍMBOLO DE GRUPO	CRITERIO
SW	Menos del 5% pasa el tamiz N°200; $C_u \geq 6$; $1 < C_z < 3$
SP	Menos del 5% pasa el tamiz N°200; No cumple con ningún criterio para SW.
SM	Más del 12% pasa el tamiz N°200; Los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (Figura 6); Índice de plasticidad < 4
SC	Más de 12% pasa el tamiz N°200; Los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (Figura 6); Índice de plasticidad > 7 .
SC-SM	Más de 12% pasa el tamiz N°200; Los límites de Atterberg corresponden al área sombreada marcada con CL-ML en la Figura 6.
SW-SM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para SW y SM.
SW-SC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para SW y SC.
SP-SM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para SP y SM.
SP-SC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5% y 12%. Cumple con los criterios para SP y SC.

⁵ Fuente: ICCE Ingeniería. (s.f.)

⁶ Fuente: ICCE Ingeniería. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 21 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



La caracterización para suelos tipo limo, loes, arcilla y orgánicos se presentan en la Tabla 3

Tabla 3: Símbolos de grupo para suelos limosos, loésicos y arcillosos.⁷

SÍMBOLO DE GRUPO	CRITERIO
CL	Inorgánico. Límite líquido < 50; Índice de plasticidad > 7; Se grafica arriba de la línea A (Véase zona CL en la Figura 6)
ML	Inorgánico. Límite líquido < 50; Índice de plasticidad > 4; Se grafica debajo de la línea A (Véase zona ML en la Figura 6)
OL	Orgánico. (Límite líquido seco en horno) / (límite líquido sin secar) < 0.75; Límite líquido < 50; (Véase zona en OL en la Figura 6)
CH	Inorgánico. Límite líquido \geq 50; Índice de plasticidad se grafica arriba de la línea A (Véase zona CH en la Figura 6)
MH	Inorgánico; Límite líquido \geq 50; Índice de plasticidad se grafica debajo de la línea A (Véase zona MH en la Figura 6)
OH	Orgánico. (Límite líquido seco en horno) / (límite líquido sin secar) < 0.75; Límite líquido \geq 50; (Véase zona en OH en la Figura 6)
CL-ML	Inorgánico. Se grafica en la zona sombreada de la Figura 6
Pt	Turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos

La carta de plasticidad de Casagrande, es graficada en la Figura 6 donde la línea A separa las arcillas inorgánicas (por arriba de la línea), de los limos inorgánicos (por debajo de la línea).

⁷ Fuente: ICCE Ingeniería. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 22 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

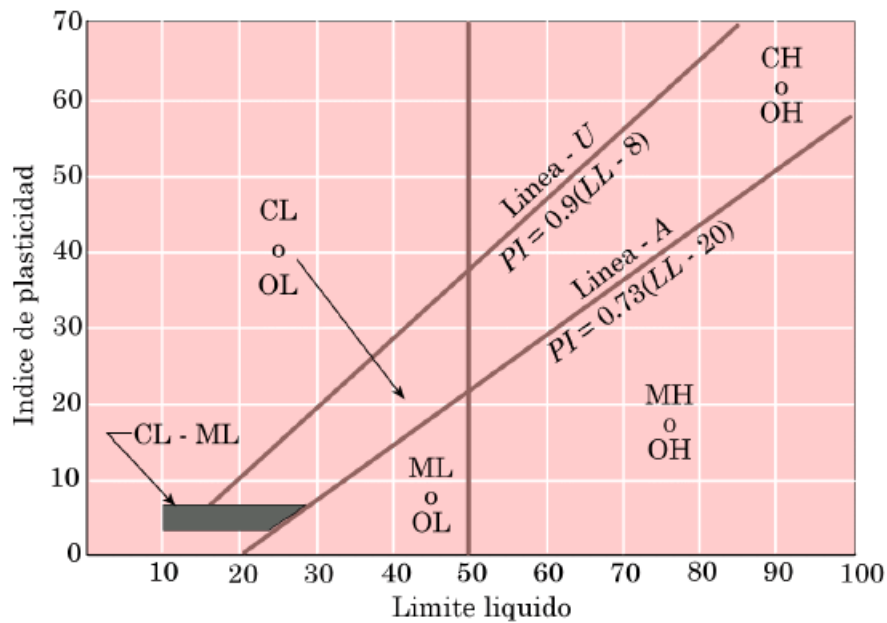


Figura 6: Carta de plasticidad de Casagrande según SUCS.⁸

Para clasificar un suelo con el SUCS se debe conocer:

1. Porcentaje de grava: fracción que pasa por la malla de 76.2 mm y es retenida en el tamiz N° 4 (4.75mm).
2. Porcentaje de arena: fracción pasante por el tamiz N° 4 (4.75mm) y es retenida en el tamiz N°200 (0.075 mm).
3. Porcentaje de limo y arcilla: fracción de finos que pasa por el tamiz N°200.
4. Coeficiente de uniformidad⁹ y coeficiente de curvatura¹⁰.
5. Límite líquido e índice plástico de la fracción pasante por el tamiz N° 40.

⁸ Fuente: ICCE Ingeniería. (s.f.)

⁹ El coeficiente de uniformidad, definido originalmente por Terzaghi y Peck, se utiliza para evaluar la uniformidad del tamaño de las partículas de un suelo.

¹⁰ Elemento de la calificación de la gradación de un suelo, conocido también como factor de forma, es un indicador del equilibrio relativo que existe entre los diferentes rangos de tamaño de partículas del suelo.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 23 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2.3.1.2. Clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officers (AASHTO)

Este sistema, creado en 1929 y modificado en 1945, describe el procedimiento para clasificar los suelos en siete grupos desde A-1 a A-7. Su uso más frecuente es para la identificación de suelo de uso vial. Los suelos de clase A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales el 35% (o menos) son pasantes del tamiz N° 200 (suelo grueso). Aquellos donde más del 35% pasan el tamiz N° 200 (suelo fino), se los clasifica como A-4, A-5, A-6 y A-7.

El sistema se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño de partículas (granulometría):
 - Grava: es una partícula que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz N° 10 (2 mm).
 - Arena: es la fracción que pasa el tamiz N° 10 (2mm) y es retenida en el tamiz N°200 (0.075 mm).
 - Limo y arcilla: es la fracción pasante por el tamiz N° 200 (0.075 mm).
2. Plasticidad (Límite Líquido e Índice de Plasticidad):
 - Cuando el índice de plasticidad de los suelos finos es menor o igual a 10 se los denomina “limosos”.
 - Cuando el mismo índice es igual a 11 o mayor, se utiliza el término “arcillosos”.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 24 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

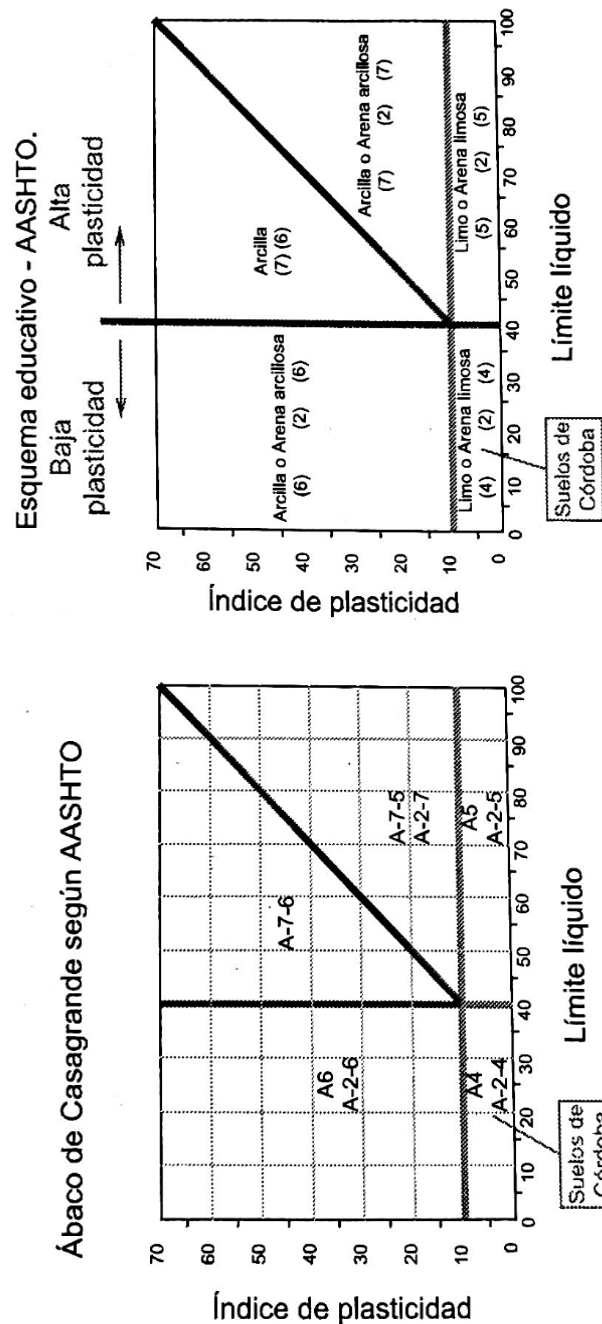


Figura 7: Carta de plasticidad de Casagrande según AASHTO.¹¹

La evaluación de los suelos se detalla en la Tabla 4, para lo que se debe aplicar los datos del ensayo de izquierda a derecha. Mediante métodos de eliminación, el primer grupo de la izquierda en el cual los datos del ensayo se ajusten, da la clasificación correcta. La Figura 7

¹¹ Fuente: Toledo, Cruz, & Martín Schmädke. (2015)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 25 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



muestra trazos de los rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos que corresponden a los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Tabla 4: Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras.¹²

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz N°200)						Materiales Limo-arcillosos (mas del 35% por el tamiz N°200)					
GRUPO	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Tamiz N° 10	≤ 50											
Tamiz N° 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
Tamiz N°200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción pasante por el tamiz N° 40)												
Límite Líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP ≤ LL-30)	> 41 (IP > LL-30)
Índice de Plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Esta clasificación se completa con el *índice de grupo*, que permite caracterizar mejor los grupos y subgrupos del suelo, ya que estos admiten suelos con porcentajes de finos y plasticidad muy diferentes. El índice de grupo se obtiene con la fórmula siguiente:

$$IG = (F - 35) * [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Donde:

- F: Porcentaje de peso que pasa por el tamiz N°200 del material inferior a 75 mm, expresado en número entero.
- LL: Límite Líquido.
- IP: Índice de Plasticidad.

El primer término de la ecuación corresponde al índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido y el segundo es el índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad.

¹² Fuente: Dirección de Ingeniería – Área de Construcción. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 26 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



El índice de grupo se expresa en números enteros positivos redondeados al número entero más cercano; en caso de ser negativo se asigna $IG=0$. El mismo se escribe entre paréntesis después del símbolo de grupo o subgrupo correspondiente; por ejemplo, A-2-4 (1). En general, la calidad del comportamiento de un suelo es inversamente proporcional al índice de grupo; en otras palabras, cuanto menor es el IG de un suelo, mejores son las cualidades de este como capa de asiento firme. Los suelos de los grupos A-1, A-3, A-2-4 y A-2-5, que pueden calificar de buenos a excelentes, tienen un $IG=0$. Un $IG=20$ o mayor, concierne a suelos de muy mala calidad, en condiciones medias de drenaje y compactación.

Para calcular el IG de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, solo se considera el segundo término, o sea, el índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad:

$$IG = 0,01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

2.4. GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

La provincia de Córdoba, con una superficie aproximadamente de 165.321 km², está situada en la región central de la República Argentina; limita al norte con las provincias de Catamarca y Santiago del Estero, al este con Santa Fe, al sureste con Buenos Aires, al sur con La Pampa y al oeste con San Luis y La Rioja.

“En el sector occidental de la provincia resalta la presencia de cordones montañosos de orientación norte-sur, que forman las Sierras Pampeanas de Córdoba, y planicies y valles intermontanos, como el bolsón de las Salinas Grandes y de Ambargasta. En el sector oriental y sur de la provincia se encuentran las grandes planicies que forman parte de la Llanura Chacopampeana. (Figura 8).

El sector serrano abarca aproximadamente un tercio de la superficie provincial, siendo sus cordones principales (de este a oeste):

- Sierra Chica, con una altura máxima de 1.950 m s.n.m. en el cerro Uritorco.
- Sierra Grande - Sierra de Comechingones, cuya mayor elevación es el cerro Champaquí de 2.884 m s.n.m.
- Sierras de Pocho - Guasapampa, con una altura máxima de 1.568 m s.n.m. en el cerro Yerba Buena.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 27 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



En la provincia están representadas las provincias geológicas Sierras Pampeanas Orientales y Llanura Chacopampeana. Ramos. (1999)

Las Sierras Pampeanas de Córdoba constituyen el grupo más oriental de la provincia geológica de Sierras Pampeanas Orientales. Están integradas por un sector central (Sierras de Córdoba) y uno norte (Sierra Norte), separados por el valle de Deán Funes. En el sector central y sur, las Sierras de Córdoba están integradas por cuatro cordones mayores (sierras de Guasapampa, Pocho y Altautina; Sierras Grandes y de Comechingones; Sierra Chica; Elevación Pampeana) y cuatro menores (sierras de Ciénaga del Coro, de La Higuera, Cumbre de Gaspar y sierra de Cuniputo).

En el sector norte, la denominada Sierra Norte (norte de la provincia de Córdoba y sur de Santiago del Estero) está integrada por cinco cordones montañosos menores (Lomas de Quilino, sierras de Orcosuni, de Sauce Punco, de San Pedro y de Macha), inmediatamente al norte del lineamiento Deán Funes, que se transforman en dos cordones mayores (sierras de Ambargasta y Sumampa) y uno menor (sierra de Ramírez de Velazco), que atraviesan el límite interprovincial hacia Santiago del Estero.

Las Sierras de Córdoba están constituidas por una serie de cordones montañosos formados por rocas metamórficas polideformadas, con intercalaciones de rocas máficas – ultramáficas parcialmente serpentinizadas (Neoproterozoico-Cámbrico). Estas rocas están imbricadas por fajas de deformación dúctil contraccionales (milonitas), de probables edades cámbricas, ordovícico-silúricas y devónico-carboníferas. El conjunto está instruido por granitoides cámbricos, ordovícicos y devónico-carboníferos. Entre estos últimos se destacan los grandes batolitos de Achala y de Cerro Áspero-Alpa Corral. Las rocas metamórficas están representadas por filitas, esquistos, gneises, mármoles y migmatitas (metatexitas y diátexitas). Localmente, los granitoides produjeron rocas metamórficas de contacto (corneanas). Los cordones montañosos están orientados norte-sur, limitados por fallas inversas vergentes al oeste y separados por sedimentos intermontanos cenozoicos (paleógeno-neógenos y cuaternarios). Existe además una cubierta sedimentaria discontinua, de edades paleozoica superior (sedimentitas continentales carbonífero-pérmicas), mesozoica (sedimentitas continentales y volcanitascretácicas) y cenozoica (paleógeno-neógena y cuaternaria). En el sector noroeste de las sierras, se destaca un grupo importante de volcanitas traquiandesíticas y depósitos piroclásticos neógenos que se sobrepone al paisaje de bloques basculados mayoritariamente al este por las fallas

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 28 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



inversas mencionadas. Estos cordones emergen de la Llanura Chacopampeana de edad cuaternaria (sedimentos continentales y suelos, Pleistoceno - Holoceno).

Una descripción general de la petrología y estructura de las Sierras de Córdoba fue realizada por Gordillo y Lencinas (1979). Desde el punto de vista estructural, las Sierras de Córdoba fueron estudiadas por primera vez por Dalla Salda (1984, 1987). Martino y Guerreschi (2014) realizaron una descripción e interpretación actualizada de la estructura neoproterozoico-cámbrica del complejo metamórfico.

La Sierra Norte y su continuación hacia el noreste en las sierras de Ambargasta y Sumampa están constituidas por un gran bloque mesetiforme, en el que se destacan cordones montañosos suaves, orientados con rumbo nornordeste. Están formados mayoritariamente por intrusiones de granitoides calcoalcalinos (batolito de Sierra Norte Ambargasta) del Neoproterozoico-Cámbrico, que alojan grandes colgajos de un complejo metamórfico, localmente metamorfizado por contacto e integrado por metamorfitas paraderivadas de bajo grado (pizarras, filitas y esquistos), mediano grado (anfíbolitas, mármoles y gneises) y alto grado (migmatitas y gneises calcosilicáticos). Las edades de estas metamorfitas han sido asignadas al Precámbrico superior. También se reconocen sedimentitas relictuales de cuencas fanerozoicas sin metamorfizar, a modo de colgajos o dispuestas en depresiones invertidas tectónicamente. Colectivamente estas rocas han sido cartografiadas como sedimentitas y metasedimentitas neoproterozoico-cámbricas. Localmente, estas rocas han sido metamorfizadas por contacto (corneanas). Se reconocen rocas subvolcánicas de la misma edad que los granitoides. Una enorme faja de deformación dúctil (milonitas) de naturaleza transcurrete dextral, de probable edad cámbrica temprana, que afecta a la parte central de la Sierra Norte, separaría dos ambientes tectomagmáticos contrastados (Lucero Michaut, 1979; Lira et al., 1997; Martino et al., 1999^a). Además, se encuentran escasos afloramientos de sedimentitas continentales carbonífero-pérmicas, diques basálticos pérmico-triásicos (O'Leary et al., 2014) y sedimentitas continentales cretácicas. Se reconocen mineralizaciones de sulfuros de cobre y molibdeno asociadas al magmatismo cámbrico, y de hierro, manganeso y bario epitermales del Cretácico.

La Llanura Chacopampeana es una extensa unidad que en Córdoba abarca una superficie de más de 100.000 km² y se extiende al este de las Sierras Pampeanas Orientales.

Constituye una gran cuenca distal del antepaís andino (Ramos, 1999), cuya sedimentación

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 29 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



cenozoica se destaca por el predominio de depósitos distales de sistemas fluviales y aluviales efímeros y depósitos eólicos, mayormente loésicos, siendo el lugar de tránsito de esos sedimentos hacia la plataforma y talud continental atlánticos (Chebli et al., 1999). Dentro de la llanura cordobesa se encuentran la depresión de la laguna de Mar Chiquita, la planicie fluvioeólica central, la planicie arenosa eólica del sur y ambientes pedemontanos.

En Córdoba se reconocen cinco grandes abanicos aluviales, generados por los ríos mayores que drenan las Sierras Pampeanas en dirección a la llanura (Suquía, Xanaes, Ctalamochita, Chocancharava y Popopis), y abanicos más pequeños asociados a cursos de menor jerarquía. Estos sistemas fluviales, en especial sus partes distales, han sido modificados por acción eólica durante los períodos glaciales, lo que favoreció la formación de las llanuras de loess (Ramos, 1999).” Carignano, Krohling, Degiovanni, & Cioccale, 2014. (p. 755-756).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 30 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

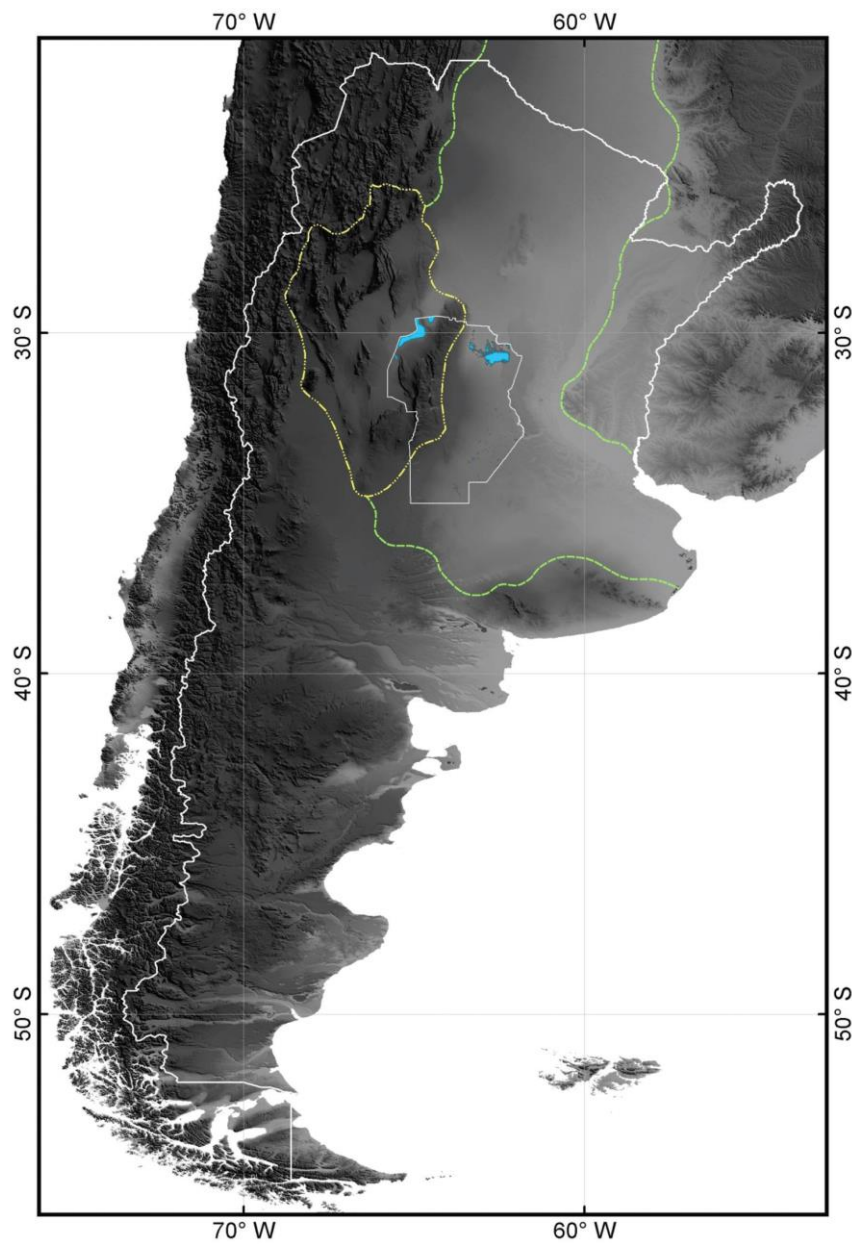


Figura 8: Sierras Pampeanas (línea amarilla), Llanura Chacopampeana (línea verde).¹³

¹³ Fuente: Carignano, Krohling, Degiovanni, & Cioccale. (2014)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 31 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

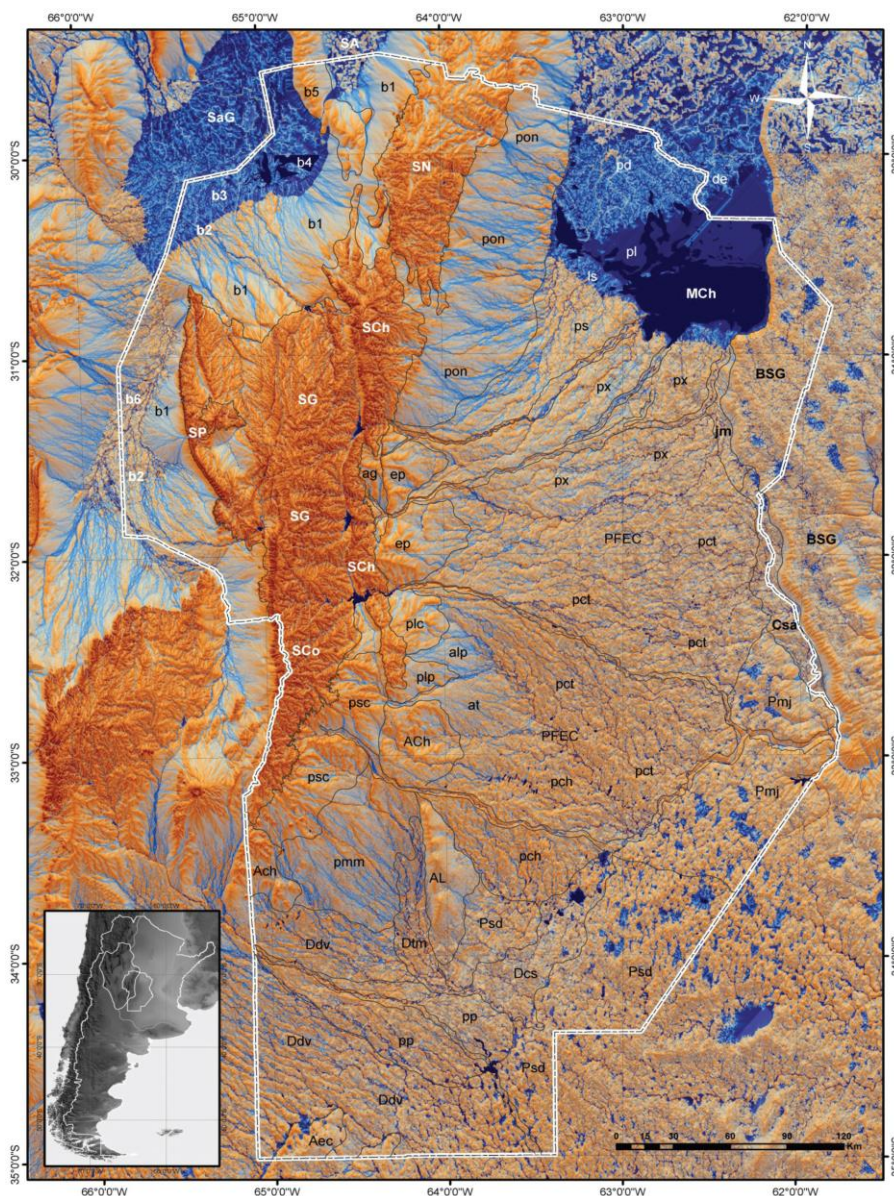


Figura 9: Modelo digital del terreno de la provincia de Córdoba.¹⁴

¹⁴ Figura 9: Modelo digital del terreno de la Provincia de Córdoba realizado mediante combinación de índice de humedad (wetness index), factor longitud de pendientes (LS factor) y sombreado analítico de tendencia de pendientes (analytical hillshading), para resaltar zonas deprimidas y concentración de drenajes (tonos de azul y celeste) y el gradiente de la pendiente en sectores elevados (tonos de marrón y naranja). Límites entre unidades líneas grises. SN= Sierra Norte-Ambargasta. SG= Sierras Grandes. SCo= Comechingones. Sch= Sierras Chicas. SP= Sierras de Pocho-Guasapampa. SaG= Salinas Grandes. SA= Ambargasta. b1= Abanicos aluviales del piedemonte. b2= Campos de dunas y zonas con mantos de arenas o médanos aislados. b3= Barreales y playas salinas. b4= Lagunas salinas. b5= Elevaciones estructurales. b6= Depresión estructural con drenaje deficiente. MCh= laguna Mar Chiquita. pl= Planicie lacustre. ls= Campos de dunas Las Saladas-Campo Mare. de= Planicie aluvial distal y delta del río Dulce. pd= Paleodelta del río Dulce. jm= Depresión de Jeanmaire. PFEC= Planicie fluvioeólica central. ps= Paleobanico aluvial del río Suquia. px= Paleobanico aluvial del río Xanaes. pct= Paleobanico aluvial del río Ctalamochita. pch= Paleobanico aluvial del río Chocanchavara. pp= Paleobanico aluvial del río Popopis. BSG= Bloque elevado de San Guillermo. pon= Piedemonte oriental norte. ep= Elevación Pampeana. ag= Valle Estructural Alta Gracia-San Agustín. plc= Bajada Los Cóndores. plp= Bajada Las Peñas. alp= Abanico aluvial del arroyo Las Peñas. at= Abanico aluvial del Arroyo

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 32 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2.4.1. Suelos para uso vial

Respecto de la temática vial, una de las clasificaciones viales realizadas por los técnicos Frías R., Quintana E., Bonalumi A. & Sfragulla J. (2001) de la Dirección Provincial de Vialidad de Córdoba divide los suelos de la provincia en 5 zonas:

- Zona 1: corresponde a los sectores montañosos donde se ubica un gran conjunto de canteras de agregados tratados y agregados naturales, con existencia de todas las fracciones granulométricas.
- Zona 2: corresponde a la mayoría de los cauces de los ríos donde se encuentran áridos naturales.
- Zona 3: comprende gran parte de la provincia; en esta zona prevalecen los suelos A4, suelos de origen loésicos. Son suelos que presentan valores muy bajos de plasticidad como consecuencia de una fracción arcillosa, muy escasa en la parte central y prácticamente nula en los sectores meridionales del territorio de la provincia. Posee actividad puzolánica, como resultado de la presencia de cenizas volcánicas en la masa de suelo.
- Zona 4: constituye las áreas deprimidas orientales, donde predominan suelos arcillosos A6 y A7-6. Esta zona también posee actividad puzolánica, relacionada con los minerales de arcilla.

Las características de dichos suelos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5: Zonificación de suelos para uso vial.¹⁵

Zonas	A1	A2	A4	A6	A7	CBR de subrasante
Zona 1	46%	32%	13%	9%	-	16
Zona 2	12%	28%	38%	17%	5%	8
Zona 3	-	7%	93%	-	-	7
Zona 4	-	-	21%	57%	22%	5

Tegua. Ach- Alto estructural de Chaján. psc- Piedemonte oriental de la Sierra de Comechingones. AL= Alto estructural de Levalle. pmj= Planicie loésica de Marcos Juárez-Corral de Bustos. Csa= Depresión tectónica de la Cañada San Antonio. Dcs= Depresión Curapaligue-Saladillo. Psd= Planicie sudoriental con campos de dunas. ppm= Planicie arenosa de Moldes y Malena. Dtm= Depresión del Tigre Muerto. Ddv= Campo de dunas de Villa Valeria-Laguna Oscura. Aec= Alto El Cuero. Fuente: (Carignano, Krohling, Degiovanni, & Cioccale, 2014).

¹⁵ Fuente: Frías, Quintana, Bonalumi, & Sfragulla. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 33 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

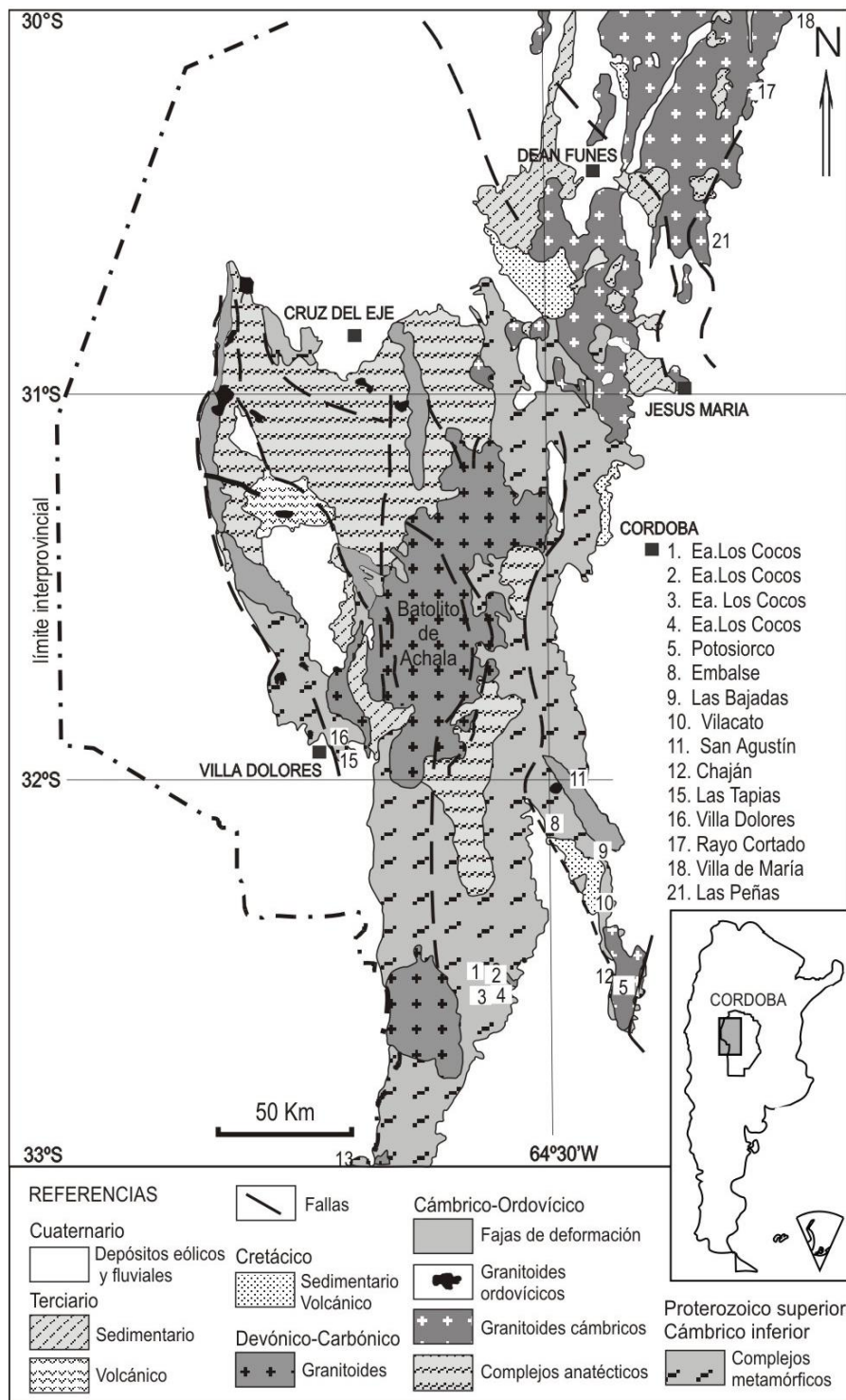


Figura 10: Mapa geológico regional- Sierras de Córdoba.¹⁶

¹⁶ Fuente: Frías, Quintana, Bonalumi, & Sfragulla. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 34 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

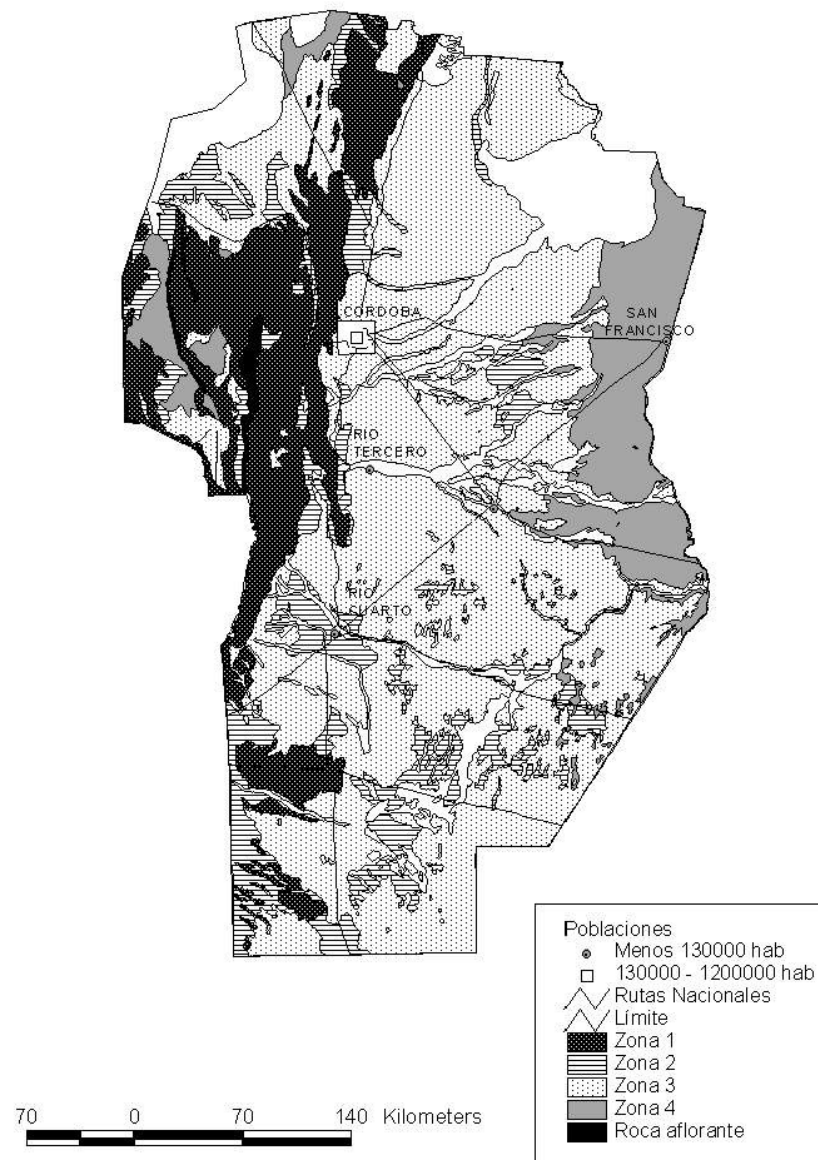


Figura 11: Mapa de suelos para uso vial.¹⁷

2.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

En numerosos proyectos de ingeniería de obras civiles, el suelo del lugar no cumple con los requisitos de diseño necesarios y por lo tanto se debe realizar un proceso de modificación, estabilización o sustitución, para proporcionar a la obra un material de construcción competente. Para tal fin, se busca modificar las propiedades del suelo como la estabilidad

¹⁷ Fuente: Frías, Quintana, Bonalumi, & Sfragulla. (s.f.)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 35 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



volumétrica, resistencia mecánica, permeabilidad, compresibilidad, durabilidad, plasticidad, resistencia al corte, capacidad soporte, etc.

Generalmente, los caminos de bajo tránsito se diseñan y construyen con soluciones relativamente económicas, en comparación con caminos para mayores volúmenes de tránsito. En la actualidad, se advierte un interés por el desarrollo de alternativas frente al uso de estabilizadores tradicionales tales como la cal y el cemento, se orienta a la utilización de aditivos y métodos denominados “no tradicionales”, debido a los retos ambientales y costos asociados que aquellos traen aparejados. Dichas alternativas propenden al logro de una mayor sustentabilidad, particularmente con bajo consumo energético y una baja huella de carbono en su fabricación.

La variedad de productos aprovechables en el mercado es significativamente amplia, lo que hace dificultoso normalizar su uso. Un segmento importante de estos productos, corresponden a subproductos de procesos industriales, de los cuales habitualmente se posee muy poca información acerca de sus propiedades, composición química, propiedades que otorga, metodología de uso, etc. A su vez en muchos de estos estabilizadores, no se cuenta con un mismo nivel de experiencia y documentación ingenieril, como en los estabilizadores tradicionales, por lo cual, en algunos casos, no se puede dar respaldo al diseño estructural. La mayoría de los estabilizadores “no tradicionales” prometen soluciones temporales, para los que la temporalidad depende de factores como el clima, el suelo, tránsito, etc. Otro aspecto muy importante a tener en cuenta, es el relacionado con el impacto ambiental, ya que algunos estabilizadores son subproductos y/o residuos de procesos industriales.

No obstante, los resultados obtenidos demuestran que se puede mejorar el desempeño de los suelos y/o materiales granulares, ofreciendo así, soluciones viables a corto o mediano plazo, lo cual, sumado al hecho de poder reciclar subproductos de la agroindustria o de la industria metal mecánica, abre un panorama alentador para el desarrollo sustentable de la actividad vial.

2.5.1. Métodos de estabilización

“Un suelo se considera estable cuando posee la resistencia suficiente para no sufrir grandes deformaciones ni excesivo desgaste en servicio por acción de las condiciones climáticas variables que se puedan presentar; además debe conservar estas propiedades a través del tiempo. Un suelo natural puede tener a veces la composición granulométrica,

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 36 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



la plasticidad y el grado de humedad adecuada, para que, siendo únicamente compactado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como cimentación de una vía o camino. No obstante, si no se logra un adecuado equilibrio entre el rozamiento inter-partículas y su adhesión, no se tendrá la estabilidad esperada. De todos modos, la estabilización de un suelo es un proceso que permite mejorar la calidad del suelo natural para obtener unas características físicas, químicas y mecánicas estables en relación con las condiciones medioambientales de servicio. Con estos procesos de estabilización puede alterarse una o más propiedades del suelo: controlarse la expansión, incrementar la resistencia, reducir la plasticidad, disminuir la permeabilidad, prevenir la erosión, entre otras propiedades. Por ejemplo, es posible mejorar la resistencia de suelos y convertirlos en materiales apropiados para la construcción, capaces de soportar los efectos del tránsito y del ambiente con excelente durabilidad.

Los métodos de estabilización de suelos pueden clasificarse en: mecánicos, físicos y químicos.” Rivera et al. (2020)

Para decidir qué tipo de estabilización es más conveniente, es necesario determinar previamente el tipo de suelo existente. Comúnmente son estabilizados los suelos arcillosos, limosos, arenas limosas, arenas arcillosas, entre otros.

2.5.1.1. Estabilización Física

Con este tipo de estabilización, se producen mejoras a través de cambios físicos en las propiedades del suelo para aportarle nuevas características estructurales. Entre los procedimientos más populares, se encuentran:

- Geosintéticos. Estabilizar un suelo con un geosintético de refuerzo permite incrementar la capacidad portante del material que conforma la estructura de un pavimento; es decir, habrá un mejoramiento de las propiedades mecánicas de dichos materiales y un aumento de la vida útil del pavimento. De igual manera, al mejorar las condiciones mecánicas de la estructura del pavimento se puede obtener un aumento del tránsito de diseño, el cual se evalúa con la cantidad de ejes equivalentes que van a pasar durante el período de operación de la vía. Dentro de los geosintéticos, podemos destacar:

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 37 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Geotextiles: fabricados con poliéster o polipropileno, constan de una tela permeable no biodegradable, que pueden emplearse como filtros y para controlar la erosión de los suelos y transporte de lodos.
- Geomallas: son estructuras tridimensionales, mono o bi-orientadas, fabricadas de polietileno de alta densidad.
- Geomembranas: son láminas poliméricas impermeables, fabricadas en cloruro polivinilo (PVC) o en polietileno de alta o baja densidad (PEAD/PEBD).
- Geocompuestos: “estos son diseñados particularmente para la estabilización de suelos donde se requiere tanto refuerzo como separación de una base granular y un subsuelo muy fino, este se produce uniendo un geotextil no tejido a una geomalla, lo que permite una gran interacción con el suelo reforzado”. Rivera et al., (2020)
- Geoceldas: “son sistemas tridimensionales de confinamiento celular fabricados en paneles de polietileno o polipropileno, muy resistentes para el confinamiento de cargas”. Rivera et al., (2020)
- Confinamiento (suelos no cohesivos): se logra mediante la aplicación de columnas de grava, reemplazando entre un 15% y un 35% del suelo hasta un estrato resistente, creando un material compuesto de menor compresibilidad media y mayor resistencia al corte.
- Pre-consolidación (suelos cohesivos): se alcanza aplicando una sobrecarga al suelo, que debe exceder la carga máxima que este va a soportar, buscando que la consolidación parcial sea semejante al mayor grado que alcanzará con la carga máxima, la que demandará mayor tiempo para producirse.
- Mezcla de suelos o cambio de granulometría: utilizada para mejorar la granulometría del suelo sobre el que se va a construir, sea con adición de materiales inertes o por tamizado con eliminación de sobrantes y reconstitución posterior, con la finalidad de obtener un material de mayor calidad en cuanto a plasticidad, granulometría y que cumpla con las exigencias requeridas. Este tipo de estabilización es de amplio uso, pero por sí sola no logra los efectos deseados, por lo que se debe utilizar como complemento la compactación.
“Las propiedades que se pretenden mejorar con este tipo de estabilización son la plasticidad y la granulometría, pues la primera afecta la susceptibilidad del material

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 38 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



al agua y su capacidad drenante; mientras que la segunda afecta su resistencia, trabajabilidad y compacidad.

Una de las ventajas de la estabilización mecánica es que puede llevarse a cabo in situ, o en una central de tratamiento de suelos". Quezada-Osoria. (2017)

- Vibroflotación: método apto para suelos granulares con bajo contenido de finos, en el cual se implanta en el terreno un tubo con cabeza vibratoria que provoca un reacomodamiento de los granos, aumentando así su densidad, para lo cual se debe tener en cuenta el volumen a rellenar al extraer el tubo y el volumen a compensar por el reacomodo de las partículas.

2.5.1.2. Estabilización Mecánica

La estabilización mecánica consiste en la compactación de los suelos, con el fin de mejorar la superficie sobre la que se va a construir, sin cambiar su composición inicial, reduciendo el volumen de vacíos; logrando así una mayor densidad, mejor distribución de fuerzas actuantes, mayor estabilidad y evitar potenciales asentamientos. Se realiza in situ, a través de maquinaria que transmite esfuerzos al suelo por amasado, presión, impacto o vibración.

El método de compactación, es considerado como un complemento indispensable, para que los otros tipos de estabilizaciones (física y/o química) puedan desarrollarse completamente. Este método se basa en hacer deslizar los elementos del esqueleto los unos sobre los otros, obteniendo un mejor acomodamiento de los granos. En este proceso generalmente se produce la expulsión de líquido y/o aire, aunque una parte del aire o gas, también es comprimida.

Algunos de los resultados de la compactación, son:

- Al aproximar los elementos granulares, evita deformaciones posteriores en lugares como en los terraplenes, la capa de rodamiento, entre capas, etc.
- Reduce y/o suprime, los asentamientos absolutos, como también los asentamientos diferenciales, preservando la evolución bajo tránsito y la "lisura" de la capa de rodamiento.
- Aumenta la fricción interna, incrementando la resistencia mecánica del conjunto.
- Los terraplenes alcanzan una mayor estabilidad ante los deslizamientos; las capas del paquete estructural logran mayorar su capacidad portante.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 39 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Mejora la impermeabilidad, a través de la reducción del volumen de vacíos, aumentando también así, su estabilidad a lo largo del tiempo.

Las principales variables a tener en cuenta son: el tipo de suelo a compactar que influye de manera decisiva en las técnicas, maquinarias y resultados que se obtendrán; la energía específica, el contenido de agua original, la humedad óptima, la temperatura del suelo, etc.

2.5.1.3. Estabilización Química

Esta estabilización, utilizada en bases, sub-bases o subrasantes, consiste en la incorporación e íntimo mezclado del suelo con aditivos para modificar las propiedades físico-químicas, mejorar el comportamiento del suelo ante la inestabilidad volumétrica, incrementar la resistencia y durabilidad, etc. El proceso se puede aplicar tanto en la etapa de construcción, cuanto en la de servicio y pueden resultar alteradas la granulometría, textura, plasticidad o actuar como ligante para la cementación de suelo.

La estabilización química permite la utilización de una amplia gama de materiales, entre los cuales, el cemento y la cal han sido los más convencionales, antes denominados estabilizadores o aditivos “tradicionales”; sin embargo, otros productos, subproductos o residuos, también son considerados en la estabilización química, tal como se exponen en el apartado siguiente. Cabe aclarar que la selección del tipo y porcentaje de estabilizante es en función del suelo y la expectativa de mejoramiento requerida. También existe la posibilidad de que más de un estabilizante coexista en la mezcla. Una vez realizada la mezcla, la misma se distribuye y compacta de manera adecuada a la densidad requerida.

Selección del aditivo

Según la publicación de Quintana, E. (2018/19), en la selección del aditivo se deben considerar los siguientes aspectos:

- Uso a dar a la capa estabilizada
- Tipo de suelo
- Tipo de mejoramiento deseado
- Resistencia y durabilidad requerida
- Costo y condiciones ambientales

Además, se debe tener en cuenta la experiencia en el tipo de estabilización que se aplica, la disponibilidad de aditivo y equipo adecuado.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 40 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Este método de selección, recomienda el tipo de estabilizante a partir de la clasificación del suelo, empleando el triángulo granulométrico de la Figura 12 en conjunto con la Tabla 6.

El triángulo de granulometría del suelo se encuentra dividido en áreas de suelos con similar tamaño de grano y por lo tanto similares características de pulverización. El proceso de selección del aditivo se continúa con la Tabla 6 donde aparecen los posibles aditivos y las restricciones basadas en tamaño de grano y/o Índice de Plasticidad. Los datos requeridos para entrar a la Figura 12 son el porcentaje de arena (determinado mediante la diferencia entre el PT 4 y PT200) y el porcentaje de finos PT 200.

El gráfico separa los suelos en siete áreas de acuerdo a:

- Retenido en tamiz N°4
- Pasante tamiz N°4 y retenido en tamiz N°200
- Pasante tamiz N°200

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 41 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

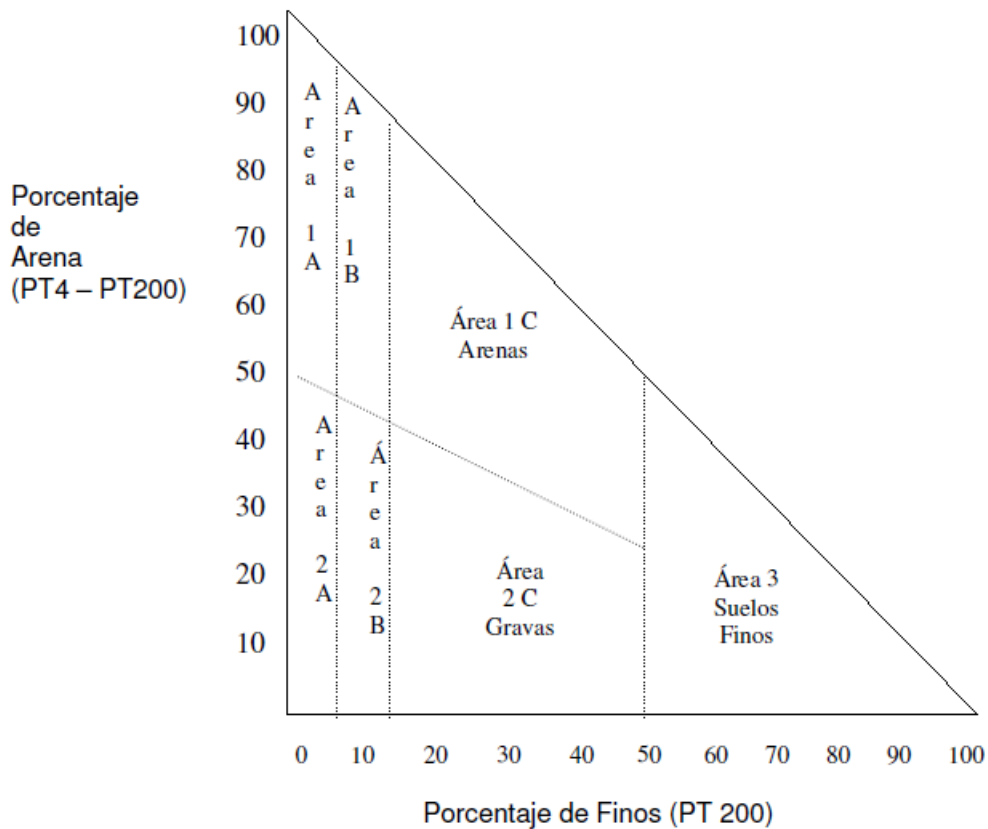


Figura 12: Triángulo Granulométrico de selección de aditivo.¹⁸

Tabla 6: Posibles aditivos y restricciones.¹⁹

Áreas	Clasificación Unificada de Suelos	Características	Aditivo Recomendado	Restricciones en LL e IP	Restricciones en PT200	Observaciones
1 ^a	SW o SP	PT4 > 50% PT 200 < 5%	1. Bituminoso 2. Cemento Portland 3. Puzolana - Cal	IP < 25		
1B	SW-SP	PT4 > 50% PT 200 < 5%	1. Bituminoso 2. Cemento Portland	IP < 10 IP < 30		

¹⁸ Fuente: Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008)

¹⁹ Fuente: Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 42 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	SM –SC	PT4 > 50% PT 200 > 12% IP < 4 - > 7	3. Cal 4. Puzolana - Cal	IP > 12 IP < 25		
1C	SM ó SC ó SM-SC	PT4 > 50% PT 200 > 12% IP < 4 - > 7	1. Bituminoso 2. Cemento Portland 3. Cal 4. Puzolana - Cal	IP < 10 **	< 30%	
				IP > 12 IP < 25		
2ª	GW ó GP	PT4 < 50%	1. Bituminoso 2. Cemento Portland 3. Puzolana - Cal	IP < 25		Materiales bien grad. > 45% PT4
2B	GW -GP	PT4 < 50% PT 200 < 5%	1. Bituminoso 2. Cemento Portland 3. Cal 4. Puzolana - Cal	IP < 10 IP < 30		Materiales bien grad. > 45% PT4.
	GM -GC	PT4 < 50% PT 200 > 12% IP < 4 - > 7		IP > 12 IP < 25		
2C	GM ó GC ó GM-GC	PT4 < 50% PT 200 > 12% IP < 4 - > 7	1. Bituminoso 2. Cemento Portland 3. Cal 4. Puzolana - Cal	IP < 10 **	< 30%	Materiales bien grad. > 45% PT4.
				IP > 12 IP < 25		
3	CH ó CL ó MH ó ML ó OL ó ML-CL	pT200> 50%	1. Cemento Portland 2. Cal	LL< 40 e IP < 20		Suelos orgánicos y muy ácidos no son estabilizados por estos agentes.
				IP > 12		

Fuente: Quintana, E. (2018 – 2019) Material Didáctico para el Módulo Estabilización Química de Suelos, Diplomatura en Técnicas de Laboratorio Vial, Universidad Católica de Córdoba.

2.5.2. Aditivos utilizados

Según Quintana, E. (2018 – 2019) “Se define aditivo como el producto natural o comercial que, agregado y mezclado íntimamente con el suelo en la proporción adecuada, mejora ciertas propiedades del mismo, como la trabajabilidad, plasticidad, granulometría, resistencia, etc. Los aditivos naturales son los que poseen comportamiento puzolánico: cenizas

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 43 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



volcánicas, tobas, tufas, diatomeas, etc. Los comerciales son cemento portland, cal, cenizas volantes, asfaltos”.

2.5.2.1. Estabilizadores iónicos

Este tipo de estabilización radica en un intercambio iónico del aditivo y las partículas de suelo con gran cantidad de finos plásticos, como limos y especialmente arcillas. El mismo está preparado para reducir el volumen de agua retenida, disminuyendo su plasticidad y su expansión, aumentando así la resistencia y trabajabilidad, proporcionando estabilidad volumétrica. Las moléculas de este aditivo pueden cambiar cationes débiles con facilidad, como son los del agua y otros materiales e intercambiarlos de forma permanente; lo que produce que el agua ingresada al medio se comporte como agua libre, que puede ser eliminada por evaporación u otros métodos.

Según Ruiz Correa (2019), el aditivo iónico es un compuesto químico complejo, diseñado para el uso vial, donde uno de sus componentes principales es un reactivo catiónico de alta valencia (aditivo sulfatado), que reemplaza permanentemente las moléculas de agua absorbidas por el suelo mediante un intercambio iónico forzado. Por esto, al haber menos presencia de agua, el suelo adquiere una densidad mayor, disminuye su plasticidad y se logra compactar con menor esfuerzo mecánico mejorando su capacidad portante (CBR), lo que conlleva a un suelo estable en cualquier época del año sea en lluvias o secas. Dicho aditivo es tema de diversas reuniones a nivel internacional como en Colombia, Argentina, EEUU, Paraguay, Brasil, donde se realizan pruebas “in situ” estabilizando suelos de baja capacidad portante. En una de las pruebas se estabilizó un suelo arcilloso obteniendo un incremento del CBR del 233%.

El tipo de aditivo iónico utilizado en este proyecto puede ser utilizado en:

- Consolidación de caminos rurales, urbanos, forestales, mineros, petroleros, etc.
- Estabilización de suelos para sub-rasantes, sub-bases y bases de pavimentos.
- Rehabilitación de pavimentos con fallas en su estructura.
- Mejoramiento de la base de apoyo de durmientes en vías ferroviarias, playas de estacionamiento, terraplenes y rellenos, pistas de aeródromos; banquetas; base de canchas deportivas.

También permite reducir la proporción de cal hasta un 50% y del cemento hasta un 40% en estabilizaciones de suelo-cal y suelos-cemento.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 44 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Este tipo de aditivo es aplicable a todo suelo que sea “no inerte”, por lo cual no es aplicable a arenas o gravas limpias. Debe hallarse al menos un porcentaje de pasante tamiz N° 200 del 15% y debe revelar algo de plasticidad con IP mayor o igual a 5. Asimismo, se usa en suelos con alto contenido de materia orgánica, pero no es recomendable para vías con tránsito de mediana o alta carga, debido a su variabilidad volumétrica en el tiempo. Por último, en suelos con contenidos de sulfatos mayor a 0,8% (en peso) tendrán que analizarse cuidadosamente y establecer su aplicabilidad, independientemente de que sea un suelo que por sus características físicas y granulométricas aparezca como un suelo “apto”.

Una vez determinada la aplicabilidad del suelo, o sea, posibilidad de intercambio iónico entre el estabilizador y el suelo, el siguiente aspecto a tener en cuenta es que el suelo a estabilizar, en el momento de la aplicación del aditivo junto al agua de compactación, tenga un estado de humedad natural por debajo de la humedad óptima.

Dosificación

La dosificación del producto se fija por unidad de volumen para un suelo dado; el total de agua con que se aplica puede variar en función de la diferencia de humedad que deba añadirse para llegar a la humedad óptima.

Existe un rango de dilución “ideal” donde el estabilizador reacciona más rápido (1:200 a 1:500); así mismo, el aspecto más importante a considerar es que la humedad obtenida a través de la aplicación agua-estabilizante sea lo más cercana a la óptima. Dicha aplicación debe realizarse al menos en 2 o 3 pasadas, para minimizar errores en la distribución.

Con respecto al agua de dilución, es recomendable que su PH no sea superior a 8.5. En caso de serlo y no disponer de una fuente alternativa, se analizará una muestra para asegurar si puede ser utilizada o no, o si requiere un pre-tratamiento para bajar su alcalinidad.

Por último, se recomienda pre-diluir el estabilizante con una proporción 1:1 antes de ser vertido en el tanque regador.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 45 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 13: Fases de estabilización.²⁰

2.5.2.2. Resinas y polímeros

Estos compuestos son cadenas muy largas de monómeros, que son moléculas formadas por la unión de compuestos orgánicos. Los polímeros naturales tienen la forma de resinas.

Las resinas son extractos vegetales procesados tales como la savia de los árboles, o subproductos de diversos procesos industriales. Las principales ventajas son su resistencia al agua (aunque no en todos los casos), rápido fraguado y solidificación de suelos muy húmedos.

La incorporación de polímeros a los suelos se hace de dos maneras:

- Se añaden los monómeros junto con un sistema catalizador que produce la polimerización posterior.
- El polímero se añade ya formado, en estado sólido, en solución o en emulsión.

El contenido de resinas y polímeros fluctúa normalmente entre un 1% y 2% y suele recomendarse su uso en suelos ácidos.

Algunas de las desventajas respecto de la estabilización con resinas son:

- No producen en los suelos aumentos de resistencia.

²⁰ Fuente: ConAid Argentina

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 46 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Son de elevado costo.
- Dificultad práctica que se presenta a la hora del mezclado del producto con el suelo.
- Limitación de su vida útil a causa de la degradación bacteriana.

Polímeros

Todas las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, cuyo peso molecular es superior a 10.000 g/mol, en general, reciben el nombre de sustancias macromoleculares. Los productos macromoleculares orgánicos en cuyas moléculas se repiten con regularidad ciertos principios estructurales genéricos, reciben el nombre de altos polímeros y estos pueden ser a su vez, naturales, artificiales o semisintéticos y sintéticos.

Los altos polímeros artificiales son, por ejemplo, el nylon, poliestireno, estireno, etc. Los altos polímeros sintéticos y semisintéticos reciben generalmente el nombre de plásticos, aunque no todos ellos presentan la propiedad de plasticidad. También son llamadas resinas sintéticas por su semejanza, en estructura y propiedades, a las resinas naturales.

Los polímeros se clasifican según su composición y/o su estructura, siendo los más conocidos el poliuretano, la baquelita, las fibras sintéticas, etc. Otra clasificación tiene en cuenta su comportamiento ante el calor, como los termoplásticos y los termoestables; los primeros se reblandecen al calentar y recuperan sus propiedades al enfriar (por ejemplo, poliestireno, polipropileno, PVC, etc.). Los termoestables, una vez moldeados en caliente quedan rígidos al ser enfriados, ya que forman nuevos enlaces irreversibles.

En conclusión, la estabilización de suelos con este tipo de materiales, ha tenido por objeto principal formar una estructura impermeable, pero también, existen resinas que aumentan la resistencia mecánica del suelo, mejorando su cohesión. En algunos casos la resistencia al esfuerzo cortante se reduce, en tanto que la compactación se mejora de manera notable; es así como a estos materiales se les conoce más como “agentes que mejoran la compactación” que como estabilizantes. Un gran número de productos comerciales entran dentro de esta categoría y su efectividad es muy variable, dependiendo del tipo de suelo y los elementos constituyentes del aditivo.

2.5.2.3. Cemento Portland

El cemento es, según la norma IRAM 50000 (2000), un “conglomerante hidráulico obtenido como producto en una fábrica de cemento, que contiene al Clinker Portland como

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 47 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



constituyente necesario. Es un material inorgánico finamente dividido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.”

Como se expresó antes, la estabilización de suelos con cemento, es considerada como una técnica de estabilización “tradicional”, debido a su disponibilidad y sus antecedentes favorables como agente estabilizador. Esta práctica se basa en agregar cemento Portland a un suelo y, luego de los procesos de mezclado y compactado, permitir que esta mezcla se endurezca por la hidratación del cemento. Según Quintana, E. (2018 – 2019), “el cemento necesita un mezclado íntimo con la fracción fina del suelo (pasante T.200), para una correcta estabilización; por lo tanto, en materiales arcillosos, con elevada plasticidad, debería evitarse. Los suelos granulares con un contenido de finos suficiente como para producir una matriz en la que flote el agregado grueso (retenido en el T.4), son los óptimos para estabilizar con cemento”.

La plasticidad debe ser tal que aporte una determinada cohesión a la mezcla, lo que mejora la trabajabilidad y aumenta el aislamiento térmico sin que se produzcan agrietamientos por contracción. Si el índice de plasticidad excede en 30%, la mezcla del cemento y el suelo se hace muy difícil. Si el cemento se va a usar para estabilizar suelos de muy alta plasticidad, se recomienda agregar primero la cal para reducir el índice de plasticidad y mejorar la trabajabilidad y luego agregar el cemento.

La función principal de la adición del cemento es mayorar la resistencia del material y la resistencia a compresión no confinada, no obstante; existen otras variables, las cuales la estabilización con cemento logra alterar, como la resistencia a tracción indirecta, el potencial de agrietamiento y la durabilidad.

Este aditivo puede ser usado para modificar y mejorar la calidad de un suelo puesto que en algunos casos ayuda a disminuir el Índice Plástico y mejorar la trabajabilidad o para transformar el suelo en una masa cementada. Importa destacar que el Cemento Portland, como se señaló precedentemente, aumenta la resistencia de los suelos. En base a este criterio, según el Departamento de tecnología y laboratorio de la Dirección Provincial de Vialidad (2008), existen tres tipos de mezclas de suelo y cemento.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 48 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- **Suelo cemento compactado:** contiene suficiente cemento como para endurecer el suelo y el grado de humedad óptimo para su compactación y la hidratación del cemento.
- **Suelo cemento plástico:** contiene una cantidad de agua que le da una consistencia similar al del mortero plástico.
- **Suelo modificado con cemento:** es una mezcla no endurecida o semiendurecida de suelo y cemento, que se logra agregando una pequeña cantidad de cemento a suelos arenosos o arcillosos a fin de modificar las propiedades físico-mecánicas del suelo que no son apropiadas, por ejemplo, el exceso de plasticidad o la baja capacidad portante.

Las propiedades de los suelos estabilizados con cemento están en función principalmente de la densidad, el contenido de agua y las presiones de confinamiento. Por otra parte, el desarrollo de las propiedades y el resultado final, también dependen del contenido de cemento, tiempo, condiciones de curado, etc. Es importante recordar que, en el proceso de fraguado del cemento, se generan hidróxidos de calcio que producen un medio alcalino en la mezcla.

Tipos de cemento

Generalmente el cemento utilizado para estos procesos es el Cemento Normal, aunque se pueden presentar diferentes casos en donde se deben considerar las propiedades de otros tipos de cemento, como en presencia de suelos agresivos, para los que el cemento resistente a los sulfatos, es la mejor opción. También se puede utilizar cementos de alta resistencia, o cementos puzolánicos o con filler calcáreo si en los ensayos de laboratorio se prevé la necesidad de tales compuestos cementicios.

Características químicas de los suelos

Estas características son fundamentales para la calidad final del suelo estabilizado con cemento. Las principales características a determinar son: el contenido de material orgánico y el contenido de sulfatos.

“Un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino y responder bien al tratamiento con cemento, no obstante, algunos tipos de compuestos orgánicos, vegetación parcialmente descompuesta, el ácido nucleico, la dextrosa, etc., actúan como retardadores de la

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 49 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



hidratación del cemento y reducen la resistencia, perjudicando el proceso normal de endurecimiento.

La determinación del pH de una mezcla 10:1 suelo: cemento, puede servir para indicar la presencia de materia orgánica. Si después de 15 minutos de mezclado el suelo y el cemento en una solución de agua destilada, se mantiene el pH en un valor superior a 12.0 se puede esperar que no haya interferencia de la materia orgánica en el endurecimiento.

La presencia de sulfatos en el suelo produce un efecto adverso en la calidad del hormigón. En los suelos se ha encontrado un comportamiento variable. La reacción de las arcillas con los sulfatos puede causar deterioros de mezclas de suelos finos con cemento. En cambio, en mezclas de suelos granulares con cemento no se ha observado susceptibilidad al ataque con sulfatos. Por lo tanto, debería evitarse el uso de cemento en suelos finos con más del 1% de sulfatos.

El uso de cementos resistentes a los sulfatos es aconsejado para estabilización de suelos gruesos en zonas de aguas subterráneas con alto contenido de sulfatos, no aconsejándose su uso en estabilizaciones de suelos finos.” Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008)

Características granulométricas

Según SOIL STABILIZATION FOR PAVEMENTS- TM 5-822-14 (1994) los requerimientos granulométricos de los suelos a manejar en un suelo-cemento para bases y subbases, se consignan en la Tabla 7.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 50 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 7: Requerimientos granulométricos del suelo.²¹

Capa	Tamiz	Porcentaje pasante
Base	1 1/2"	100
	3/4"	70-100
	4	45-70
	40	10-40
	200	0-20
Subbase	1 1/2"	100
	4	45-100
	40	10-50
	200	0-20

Contenido de cemento para la modificación de las propiedades

Como fue mencionado anteriormente, el hecho de estabilizar un suelo con cemento, nos ayuda a modificar el Índice Plástico y mejorar la trabajabilidad, entre otras cosas. El contenido de cemento para reducir el IP se determina a través de las plasticidades obtenidas de diversas muestras realizadas con diferentes contenidos de cemento. "La prueba árbitro de los procedimientos ASTM D 423 Y ASTM D424 se utiliza para determinar el IP de la mezcla suelo-cemento". SOIL STABILIZATION FOR PAVEMENTS- TM 5-822-14, (1994) Siguiendo a Quintana, E. (2018 – 2019) "El mínimo contenido de cemento que lleva al IP deseado es seleccionado. Como la determinación se realiza sobre el pasante tamiz 40, se deberá ajustar el valor adecuado a la totalidad de la muestra mediante la fórmula:

$$A = 100 * B * C$$

- A: contenido de cemento referido al peso total del suelo.
- B: porcentaje pasante Tamiz 40 (expresado como decimal)
- C: porcentaje de cemento requerido para obtener el IP deseado de pasante T40 (expresado como decimal)"

Reducir el potencial de hinchamiento

Pequeñas cantidades de cemento portland pueden reducir el potencial de hinchamiento de suelos expansivos. No obstante, el uso de cal es más apropiado y económico para esta aplicación.

²¹ Fuente: Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 51 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Contenido de cemento para la estabilización de suelos

Como primera medida se debe determinar la clasificación del suelo no tratado según la clasificación HRB y luego, en base a dicha clasificación, se estima un contenido de cemento según la Tabla 8.

Tabla 8: Contenido de cemento según clasificación HRB. ²²

Clasificación de suelos HRB	% en Peso
A1-a	3-5
A1-b	5-8
A2 (4-5-6-7)	5-9
A3	7-11
A4	7-12
A5	8-13
A6	9-15
A7	10-16

Una vez estimado el contenido de cemento, se realizan ensayos de computación Proctor (según Norma VN-E19-66) a fin de determinar la densidad máxima y la humedad óptima de la mezcla. Se utiliza un molde de 101.6 mm de diámetro por 116.6 mm de altura, pisón de 2.5 kg, altura de caída 30.5 cm. El material se compacta en 3 capas con 25 golpes por capa. Se diferencia el ensayo con material grueso cuando retiene más del 5% en el T4 respecto del ensayo con material fino cuando retiene menos del 5% en dicho tamiz.

Para el material fino se realizan los siguientes pasos, según el Departamento de Tecnología y Laboratorio (2008):

1. Mezclar todo el material a usar de modo homogéneo y determinar su humedad.
2. Pesar 3000 gr calculando el peso de suelo seco.
3. Pesar la cantidad de cemento a incorporar para obtener la mezcla con el porcentaje de cemento seleccionado para el ensayo. Esta cantidad se calcula con la fórmula siguiente:

$$PC = \frac{P_{ss} * C}{100 - C}$$

- Pc = Peso del cemento necesario

²² Fuente: Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 52 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- C = porcentaje de cemento (con respecto a la mezcla) con que se desea ejecutar el ensayo
- 4. Colocar en una bandeja el suelo al que se agrega la cantidad de cemento previamente calculada, homogeneizando bien la mezcla hasta que su aspecto revele uniformidad.
- 5. Agregar el agua necesaria para que, con la existente en el suelo, alcance una humedad que sea del 4 al 6% inferior a la prevista como valor de la humedad óptima. Se mezcla bien hasta lograr uniformidad.
- 6. Compactar por capas con 25 golpes de pisón.
- 7. Extraer la probeta del molde, desmenuzar (100% PT4) y determinar la humedad del material.
- 8. Incorporar al material de la bandeja, con 1 a 2% de agua y repetir las operaciones de compactado y mezclado.
- 9. Repetir el proceso hasta obtener dos puntos en los que el peso del suelo húmedo compactado disminuye.
- 10. Dibujar la curva Densidad – Humedad determinando el punto de Densidad Máxima al que corresponde la Humedad Óptima.

Procedimiento para material grueso:

1. Eliminar el retenido en el T $\frac{3}{4}$ y pesar la muestra sobrante.
2. Calcular los porcentajes de las fracciones (1) Ret. T $\frac{3}{4}$, (2) Pasante T $\frac{3}{4}$ - Ret. T 4 y (3) Pasante T4, tomando como 100 % la suma de los pesos de dichas fracciones.
3. Pesar separadamente las cantidades necesarias de las fracciones (2) y (3) con las que se efectuará el ensayo hasta obtener aproximadamente 10 kg de material. Tomar de la fracción 2 una cantidad proporcional a la suma de los porcentajes de las fracciones 1 y 2.
4. Poner en remojo a fin de saturar el material retenido por el Tamiz 4 cuyo peso es determinado en el paso anterior.
5. Pesar la cantidad de cemento determinada anteriormente.
6. Colocar en una bandeja el material Pasante Tamiz 4, adicionar el cemento y mezclar cuidadosamente.
7. Agregar el agua necesaria para que, sumada a la existente en esa fracción del material, alcance una humedad del 4 al 6% inferior a la prevista como humedad óptima y mezclar hasta uniformar.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 53 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



8. Incorporar el material retenido en el Tamiz 4 en la condición de saturado a superficie seca. Mezclar cuidadosamente.
9. Realizar las mismas operaciones que con el material fino con la salvedad que, al enrasar la superficie compactada, deben rellenarse con material fino los huecos que quedan al arrancar partículas gruesas.

Se deben preparar muestras triplicadas de la mezcla suelo cemento para ensayos de compresión simple (Norma VN E33-67), ensayos de durabilidad por humedecimiento y secado (VN E21-66), ensayo de congelamiento y deshielo (VN E22-66); la primera con el contenido de cemento seleccionado anteriormente, la segunda con un 2% por encima y la tercera por debajo de dicho valor. Las muestras deben prepararse a la densidad y contenido de humedad que se espera obtener en obra. Por ejemplo, si la densidad de diseño es del 95% de la máxima densidad obtenida en laboratorio, las muestras deberán ser preparadas al 95 %.

Si la mezcla cumple los requisitos de durabilidad, pero no los de resistencia, la mezcla se considerará como suelo mejorado con cemento; si no cumple ninguno de los dos requisitos, se seleccionará un porcentaje mayor de cemento y se repetirán todos los ensayos.

El contenido de cemento puede ser a granel o en bolsas. Las especificaciones particulares establecerán la cantidad de cemento a distribuir.

El contenido de cemento especificado en peso con respecto al del suelo seco, puede ser expresado en volumen, con respecto al del suelo-cemento compactado, si se conoce la máxima densidad. Una bolsa de cemento pesa 50 kg y tiene un volumen de 0.033 m³, es decir una densidad de 1500 kg/m³.

Toirac Corral (2008) describe la relación entre el tipo de suelo y la estabilización con cemento según el siguiente detalle:

- **Suelos A-1:** están constituidos por fragmentos de rocas, gravas y arenas. Se puede deducir que, con estos suelos, por sí solos, no se lograrían mezclas económicas y de fácil trabajabilidad, ya que prácticamente no existe la fracción fina compuesta por arcillas y limos. Por lo tanto, los suelos A-1 se encuentran en aquellos casos en que hay que añadir otro suelo que contenga un elevado contenido de fracción fina (suelo-suelo-cemento).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 54 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- **Suelos A-3:** están compuestos por arenas más bien finas y tienen las mismas deficiencias que los suelos A-1 en cuanto a la ausencia de una fracción fina (arcillas y limos). Además, por ser arenas finas carecen de una fracción gruesa (gravilla y arena gruesa) y esto puede ser perjudicial en el sentido que habrá una mayor necesidad de pasta de cemento para lograr la mezcla adecuada; por lo tanto, se incrementarán los costos por mayor consumo de cemento.
- **Suelos A-2:** son suelos ideales para producir suelo-cemento debido a su amplia granulometría, ya que contienen casi todas las fracciones: gravas, arenas, limos y arcillas. Dentro de este grupo hay que destacar los suelos **A-2-4** como el óptimo que puede entregar la naturaleza. Con estos suelos raras veces se supera el 6% de cemento (en peso) en las mezclas de suelo-cemento para obtener las características deseadas.
- **Suelos A-4 y A-5:** son generalmente limosos ligados con arcillas y arena de fina a media granulometría. Para grandes áreas de construcción se requiere mezclar los mismos con suelos más gruesos o incrementar los porcentajes de cemento para lograr mezclas adecuadas.
- **Suelos A-6 y A-7:** son suelos que, por sus altos contenidos de arcillas, resultan muy costosos en las mezclas de suelo-cemento por las siguientes razones:
 - Requieren mayor consumo de cemento.
 - Es muy difícil secarlos al aire y destruir sus grumos.
 - Sufren grandes contracciones al secado produciendo grietas y fisuras.
 - Requieren mucho tiempo para lograr una buena mezcla con el cemento

Cabe aclarar que, lo expuesto anteriormente no significa que no se puedan emplear estos suelos, pero ello requiere estar dispuestos a un incremento en los costos derivado del mayor requerimiento de materiales y un mayor tiempo de ejecución.

Control de calidad

Las operaciones básicas para la construcción de un suelo – cemento son:

1. Pulverización
2. Distribución
3. Mezclado
4. Compactación
5. Curado

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 55 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



La pulverización puede ser un problema si hay presencia de suelos limosos o arcillosos. Esto se controlará mediante el tamizado a través del Tamiz 4. La baja humedad es fundamental para lograr la pulverización requerida.

2.5.2.4. Emulsión

Una emulsión es una dispersión de dos medios no miscibles entre sí. Las emulsiones asfálticas son sistemas de dos fases consistentes en dos líquidos inmiscibles: asfalto y agua. El asfalto es dispersado en la fase acuosa por cargas electrostáticas estabilizadas por un emulsificante, que pueden ser:

1. Aniónicas (IRAM 6608)
2. Catiónicas (IRAM 6691)
3. No iónicas

Las ventajas de las emulsiones respecto de los asfaltos diluidos son:

- No incorporan al asfalto un solvente que luego se evapora, evadiendo un problema económico y ambiental.
- Evitan el peligro que representa calentar levemente el asfalto diluido para lograr menor viscosidad.
- Permiten trabajar con agregados naturales húmedos, con lo cual, el ahorro energético es considerable.

2 SISTEMAS:

medio disperso → asfalto
medio dispersante → agua → **Directa**

medio dispersante → asfalto
medio disperso → agua → **Inversa**

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 56 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Para que la emulsión se pueda preparar son necesarias dos condiciones:

- Dispersar finamente el asfalto o el agua, según el caso, mediante energía mecánica generada.
- Mantener estable la dispersión en el tiempo; es decir, evitar la aglomeración espontánea de los glóbulos de asfalto o de agua.

Con este fin se incorpora al sistema un agente emulsionante que actúa como película protectora de cada glóbulo e impide que los mismos se unan entre sí y formen coágulos, fenómeno conocido como “rotura” o “corte” de la emulsión. La rotura de la emulsión se produce independientemente de las condiciones climáticas, no solo por evaporación del agua, sino también por la acción de las cargas eléctricas existentes entre los agregados y el producto bituminoso.

De acuerdo al tipo de emulgente usado la emulsión asfáltica recibe el nombre de:

1. Aniónicas
2. Catiónicas

2.6. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El camino que motiva esta investigación es un camino rural de segunda categoría, por ende, es de jurisdicción provincial, con un suelo de subrasante tipo A4 clasificada según AASHTO porque más del 35% pasa el tamiz N° 200 (suelo fino), el cual es estabilizado con los aditivos explicados en el apartado 2.5.2 basados en estabilización química y mecánica.

Se ubica en la Llanura Chacopampeana, configurada mayormente por depósitos loésicos. Geomorfológicamente forma parte de la planicie fluvioeólica central; el camino en cuestión atraviesa el paleoabanico aluvial del río Suquía y del río Xanes. Por esta característica dentro de la clasificación de suelos para uso vial corresponde a la zona 3, con suelos de valores muy bajos de plasticidad y considerable actividad puzolánica.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 57 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 3 : METODOLOGÍAS

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 58 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



3.1. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

La planificación de un camino es de fundamental importancia, al igual que lo es la evaluación del mismo, no solo para analizar la evolución y el comportamiento a lo largo del tiempo, sino también para poder decidir correctamente los trabajos de mantenimiento en función del progreso de los deterioros y las posibles causas que lo producen.

Para la metodología de evaluación y relevamiento implementados en este proyecto, se toma como base lo dispuesto por la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V), en 1981.

Se presenta un proceso focalizado en la rapidez, no solo del relevamiento por medio de drones, sino también la medición y el análisis de las fallas características de cada tramo, a través de procesos computacionales y digitales.

De este modo se puede definir el comportamiento de los caminos tratados (rígido/flexible/semirrígido), el o los niveles de severidad presentes, deducir las causas probables de los daños y, a partir de esta información, planificar y ejecutar las correspondientes tareas y ciclos de mantenimiento.

3.1.1. Metodología de evaluación de estado de los pavimentos D.N.V

La técnica operativa de la evaluación de estado tradicional, creada en 1981 por la D.N.V, propone dividir la ruta a estudiar en tramos del orden de los 30 km, donde los mismos presenten la mayor homogeneidad posible en cuanto al trazado (sin cambios de topografía), tránsito, sin variaciones importantes del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de camiones y estructura de acuerdo con la longitud de obra, delimitando el fin y comienzo de los tramos, en función de elementos bien definidos, tales como cruces, accesos, etc.

Cada longitud total de 30 km, es subdividida en secciones de 2 km y toda la información recolectada en campaña es registrada manualmente en una planilla de papel.

Los indicadores más significativos en el proceso normal de deterioro de los pavimentos son:

- Fallas:
 - Deformaciones permanentes, longitudinales y transversales.
 - Fisuración y agrietamientos.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 59 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Desprendimientos.
 - Adherencia entre neumáticos y pavimento.
 - Deformación del pavimento bajo carga: deflexión y radio de curvatura.

3.1.1.1. **Evaluación de estado de los pavimentos**

La D.N.V plantea que, para realizar una evaluación de estado de un pavimento, se debe relevar las fallas más significativas relacionadas con la deformación longitudinal, deformación transversal, fisuración y desprendimiento; y/o la concurrencia de ellos.

Este relevamiento es procesado con el fin de llegar a un índice indicativo del estado del pavimento a la fecha de evaluación, dicho índice se lo designa como **Índice de Estado**. Su expresión es:

$$IE = 10 \times e^{-\sum ai \times Di}$$

Donde:

- IE: índice de estado.
- e: 2,718 (base de los logaritmos neperianos).
- ai: Coeficiente de peso, estos dependen del tipo de capa de rodamiento del pavimento evaluado, según que el mismo sea flexible, con capa de rodamiento de concreto asfáltico, con tratamiento bituminoso superficial, o rígido. Adoptando valores comprendidos entre 0,04 y 0,08.
- Di: Coeficientes que valorizan el grado de falla; adoptan valores comprendidos entre 0 y 10, correspondiendo los mayores valores a las situaciones más desfavorables.

El índice de estado, al combinar en su fórmula la valoración de cuatro tipos de fallas, puede utilizarse como elemento de juicio para la evaluación general de un pavimento dado, o bien para la determinación de la obra necesaria y la urgencia de corrección de la misma.

De acuerdo con su expresión El Índice de Estado alcanza valores comprendidos entre 1 y 10, correspondiendo los valores entre 10 y 7 a un estado bueno del pavimento; entre 7 y 5 un estado regular, lo que amerita realizar un análisis más profundo, para poder encarar las fallas con tareas de mantenimiento y/o construcción de refuerzos o mejoras a modo de evitar su rápida destrucción. Para valores iguales o menores a 5, nos enfrentamos a un pavimento sumamente fallado, que requiere atención inmediata.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 60 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Por otro lado, a los fines de definir el conjunto de acciones necesarias a realizar, es preciso la consideración de otros elementos relacionados con el estado del pavimento, tales como: exudación, bacheos, drenaje, bordes de calzada, banquetas, carril más deteriorado; a esta información debe sumarse la medición de la deflexión, el radio de curvatura, y por último con el objeto de contar con un elemento más de análisis de las condiciones de transitabilidad, se incluye el Índice de Serviciabilidad Presente (I.S.P.).

Este tipo de índice mensura el confort que brinda el camino al usuario, cuya escala de opinión es:

Tabla 9: Escala de opinión del usuario.²³

0 - 1	Muy malo
1 - 2	Malo
2 - 3	Regular
3 - 4	Bueno
4 - 5	Muy bueno

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, algunos de los factores a considerar para el Índice de Estado varían según la capa de rodamiento, como veremos a continuación:

Capa de rodamiento con mezcla asfáltica (pavimentos flexibles)

En este caso la expresión del Índice de estado responde a:

$$IE = 10 \times e^{-(0,04.D1 + 0,05.D2 + 0,07.D3 + 0,04.D4)}$$

Coefficiente D1: Deformación longitudinal.

La determinación de este coeficiente se efectúa mediante la aplicación de un rugosímetro analizador del perfil (Figura 14), concebido especialmente para el registro de las deformaciones longitudinales de la calzada. La rueda de ensayo oscila verticalmente en función de las deformaciones de la misma, registrando las mediciones en el instrumento. Su resultado final es un número de uniformidad del perfil longitudinal, el cual indica el total del movimiento vertical, en metros por kilómetros de camino.

²³ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 61 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

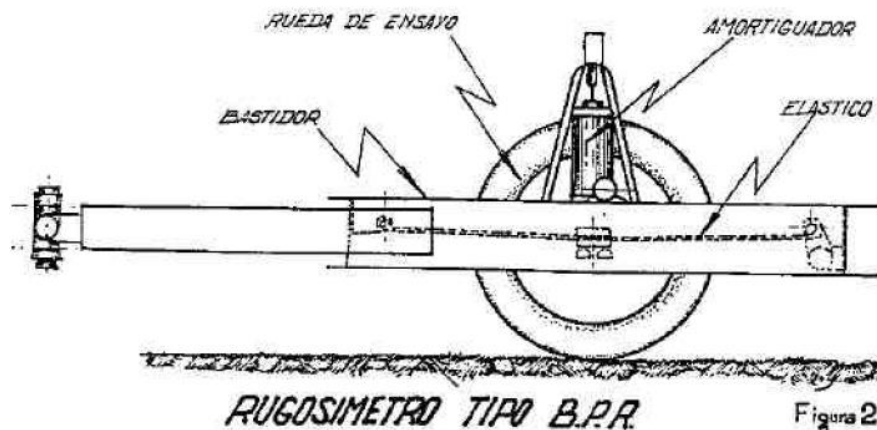


Figura 14: Rugosímetro tipo B.P.R. ²⁴

Con la rugosidad medida se define el coeficiente D1 en base a la siguiente tabla:

Tabla 10: Tabla de coeficientes D1. ²⁵

Rugosidad (m/Km)	Coficiente D1 correspondiente
0 - 1.1	0
1.2 - 1.4	1
1.5 - 1.7	2
1.8 - 2.0	3
2.1 - 2.3	4
2.4 - 2.7	5
2.8 - 3.3	6
3.4 - 3.9	7
4.0 - 4.5	8
4.6 - 5.0	9
Mayor de 5.0	10

Coeficiente D2: Deformación transversal

El coeficiente D2 es la medida de la profundidad de la deformación transversal, ya sea por ahuellamiento o por hundimientos. Esta medición es realizada a través de una regla, colocada de manera transversal al eje del camino, apoyada sobre los puntos más altos de la deformación, y con una cuña graduada se determina la profundidad. (Figura 15).

²⁴ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

²⁵ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 62 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

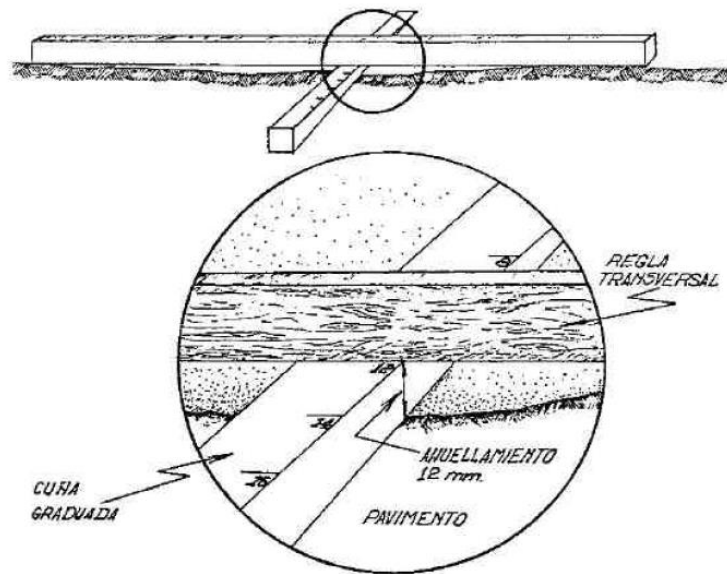


Figura 15: Procedimiento de medición de la deformación transversal.²⁶

Efectuada la medición, se determina el valor del coeficiente D2 correspondiente de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 11: Tabla de coeficientes D2.²⁷

Profundidad de deformación medida en mm.	de Coeficiente "D2" correspondiente
0 - 5	0
6 - 9	1
10 - 12	2
13 - 16	3
17 - 20	4
21 - 25	5
26 - 30	6
31 - 35	7
36 - 40	8
41 - 45	9
46 y más	10

Coeficiente D3: Fisuración

Este parámetro es determinado mediante un relevamiento visual, comparando la clase de fisuración existente en el tramo, con el catálogo de fotografías que presenta la Metodología

²⁶ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

²⁷ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 63 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



de Evaluación de Estado de Pavimentos (1981) provisto por la D.N.V, el cual indica valores absolutos (2, 4, 6, 8 y 10) correspondientes a los grados de fisuración característicos

El operador de campaña deberá identificar el grado de fisuración en la sección de trabajo, relacionándolo con alguno de los patrones exhibidos en las fotos, para así determinar el valor del coeficiente D3.

En los casos de fisuras reflejas en juntas, donde la mezcla es colocada sobre pavimentos de hormigón, corresponde otro tipo de clasificación establecida en el documento de la D.N.V en la página 14.

Coficiente D4: Desprendimientos

El valor de esta medida se efectúa estimando un porcentaje de superficie de camino afectado por los desprendimientos de agregado grueso en zonas localizadas. Particularmente, esta falla es cuantificada según el porcentaje de peladuras superficiales y/o porcentaje de baches descubiertos. Se define *bache* a la cavidad producida en el pavimento de forma irregular y con una profundidad mayor a 2,5 cm.

La cuantificación de estas fallas es realizada mediante la siguiente tabla:

Tabla 12: Cuantificación de coeficientes D4.²⁸

% Peladuras Superficiales	% Baches Descubiertos	Coeficiente correspondiente	D4
1 - 9	-	1	
10 - 29	-	2	
30 - 49	-	3	
50 - 69	0.1 - 0.3	4	
70 - 89	0.4 - 0.6	5	
90 - 100	0.7 - 1.0	6	
	1.1 - 1.3	7	
	1.4 - 1.6	8	
	1.7 - 2.0	9	
	Mayor de 2,0	10	

Capa de rodamiento con tratamiento bituminoso superficial (pavimentos flexibles)

En este caso el índice de estado tiene la siguiente expresión:

$$IE = 10xe^{-(0.004.D1 + 0.05.D2 + 0.07.D3 + 0.08.D4)}$$

²⁸ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 64 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO		
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL		
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Coefficiente D1: Deformación longitudinal

Para capas de rodamiento con tratamiento bituminoso superficial, la deformación longitudinal se determina de manera análoga a los pavimentos flexibles con mezcla asfáltica, mediante la aplicación de un rugosímetro. Con la rugosidad medida, se define el coeficiente D1 de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 13: Cuantificación coeficiente D4, para capa de rodamiento con tratamiento bituminoso superficial.²⁹

Rugosidad (m/Km)	Coefficiente D1 correspondiente
0 - 2.0	0
2.1 - 2.3	1
2.4 - 2.6	2
2.7 - 2.9	3
3.0 - 3.2	4
3.3 - 3.5	5
3.6 - 3.8	6
3.9 - 4.2	7
4.3 - 4.6	8
4.7 - 5.0	9
Mayor de 5.0	10

La determinación de los coeficientes D2 y D3 se efectúa de igual manera que para mezclas asfálticas.

Coefficiente D4: Desprendimiento

El coeficiente D4 se determina del mismo modo que para el caso de pavimentos con capa de rodamiento de concreto asfáltico. La cuantificación se realiza de acuerdo con la siguiente tabla:

²⁹ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 65 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 14: Cuantificación coeficiente D4, para mezclas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón.³⁰

% Peladuras Superficiales	% Baches Descubiertos	Coeficiente correspondiente	D4
1 - 4	-	1	
5 - 9	-	2	
10 - 14	-	3	
15 - 19	0.1 - 0.3	4	
20 - 29	0.4 - 0.6	5	
30 - 39	0.7 - 1.0	6	
40 - 49	1.1 - 1.3	7	
50 - 59	1.4 - 1.6	8	
60 - 79	1.7 - 2.0	9	
80 - 100	Mayor de 2,0	10	

Pavimentos rígidos

Para el caso de pavimentos rígidos, la expresión representativa del índice de estado solo tendrá en cuenta los parámetros D1 referidos a la deformación longitudinal y D3 que evalúan la fisuración, responde a la siguiente ecuación:

$$IE = 10 \times e^{-(0,05.D1 + 0,09.D3)}$$

Coefficiente D1: Deformación longitudinal

El coeficiente de deformación longitudinal D1 se determina de manera análoga a los pavimentos flexibles, mediante un rugosímetro, de acuerdo con la siguiente tabla:

³⁰ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 66 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 15: Cuantificación coeficiente D1 para pavimentos rígidos.³¹

Rugosidad (m/Km)	Coficiente D1 correspondiente
0 - 1.8	0
1.9 - 2.1	1
2.2 - 2.5	2
2.6 - 2.9	3
3.0 - 3.3	4
3.4 - 3.6	5
3.7 - 4.0	6
4.1 - 4.5	7
4.6 - 5.0	8
5.1 - 5.5	9
Mayor de 5.5	10

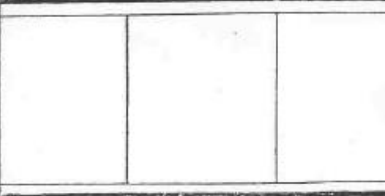
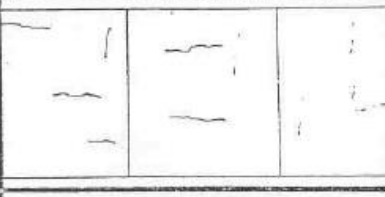
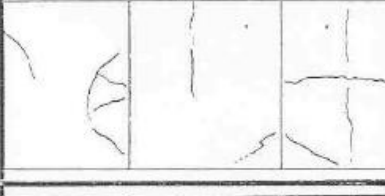
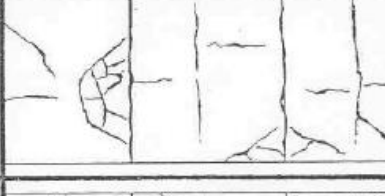


Coficiente D3: Fisuración

Para la determinación de D3, se realiza una estimación del grado de fisuración de la sección, según:

³¹ Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 67 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Tabla 16: Valorización de coeficientes D3.³²

DESCRIPCION	D3	FISURA TIPO
NINGUNA FISURACION.	0	
FISURAS FINAS, AISLADAS UBICADAS AL AZAR, QUE NO FORMAN CELDAS.	2	
FISURAS REGULARES (ANCHO MENOR 2mm) TRANSVERSALES, LONGITUDINALES O DE ESQUINA QUE SURDIVIDEN A LAS LOSAS EN PAÑOS GRANDES.	4	
AGRIETAMIENTOS IMPORTANTES (MAYOR 2mm) TRANSV., LONG., DIAGONALES QUE SUBDIVIDEN LAS LOSAS EN PAÑOS CHICOS, BORDES C/ DESPREND. SUPERF. Y/O EXISTENCIA DE TAREAS DE BACHED CON MEZCLA ASF.	6	
AGRIETAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS PROFUNDOS, MOVIMIENTO RELATIVO DE PANES DE MATERIAL, VARIACION DEL PERFIL DE LA CALZADA Y/O FORMACION DE BACHES AISLADOS.	8	
GENERALIZACION DE DESPRENDIMIENTOS DE PANES DE MATERIAL Y/O FORMACION DE BACHES, BLOQUES HUNDIDOS O ASENTADOS.	10	

³² Fuente: Dirección Nacional de Vialidad. (1981)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 68 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



3.1.2. Método de Evaluación superficial de vías empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)

Para la evaluación superficial se utiliza un método de relevamiento visual mediante fotografías tradicionales, aerofotografías y videos de las zonas de trabajo. Se priorizó el uso de drones para el trabajo de campo, aunque para algunas fallas, fue necesario el uso de cámara manual a fin de registrar diferencias de nivel como en los ahuellamientos o roturas de borde, anchos de fisuras, etc.

Los Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) o Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) en español, son también conocidos como DRONE o DRON (drone en inglés: zumbido o zángano); son básicamente vehículos no tripulados, que permiten obtener imágenes aéreas del terreno.

Para el relevamiento de campo se utilizó parcialmente la metodología expuesta en Rosa (2020), que consiste en la confección de un sistema de referencia compuesto por los piquetes que se relevaron y georreferenciaron en el momento de ejecución de los tramos por las firmas VAWA y AFEMA mediante una Estación Total. En este caso en particular, se trata de relevamientos para obras lineales, de modo que la rutina del mismo es según un eje existente o a definir, en perfiles transversales cada 25 m, tomando puntos representativos sobre cada perfil: eje, bordes de pavimento, bordes de banquina, bordes superiores de talud, fondo de cuneta o pie de talud, contratalud, quiebres de pendiente del terreno, alambrados o límites de faja pública, alcantarillas, puentes, etc.

El dron utilizado es un modelo Dji- Spark 4, visible en la Figura 16, el cual dispone de una cámara de 12 megapíxeles, montada sobre cuatro hélices, capaz de grabar videos en 1080 pixeles a 30 cuadros por segundo. Este dispositivo cuenta con un gimbal de dos ejes, que permite estabilizar mecánicamente la cámara.

Los vuelos o misiones con dron se planifican (con software acorde) de modo de cubrir en su trayectoria aérea toda el área en cuestión. En ese sentido se tendrá una serie de fotografías consecutivas que combinadas conforman un mosaico de una imagen general. Mediante software, o mediante otro proceso, las imágenes se corrigen a efectos de resultar perpendiculares al eje vertical por el centro de la fotografía y como están referenciadas a un sistema de referencia, se disponen en orden para conformar el mosaico mencionado.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 69 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Un vuelo con fines fotogramétricos con UAV, resulta en una gran malla de puntos tomados del terreno. El conjunto de imágenes obtenidas sobre la trayectoria a intervalos determinados, forma una malla mayor y cada imagen en sí misma es un conjunto de píxeles o cuadros que la conforman. En resumen, se configura una muy densa malla o cuadrícula de puntos.



Figura 16: Dron DJI Spark 4

El resultado final que se desea obtener es un modelo digital de lo relevado, con diferentes calidades o volúmenes de información de acuerdo al método seleccionado. Cualquier representación del terreno parte básicamente de un Modelo Digital de Terreno (MDT): conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del terreno, sea cual fuera. A partir de eso, pueden derivar diversos tipos:

- Modelo Digital de Elevaciones (MDE), que es una representación visual y matemática de los valores de altura de un terreno con respecto a un plano o estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.
- Modelo Digital del Terreno (MDT), captura las características naturales y las construcciones sobre la superficie terrestre; además del relieve contiene elementos u objetos presentes. Es generalmente un producto del procesamiento inicial fotogramétrico del que posteriormente se eliminarán elementos que no hacen al objeto de diseño, tales como árboles, construcciones a demoler, etc.

Para tareas como la planteada, se trabaja con un MDT compuesto por el MDE y una capa conteniendo una descripción del elemento relevado cuando el relevamiento es directo. Cuando se realiza mediante captura de imágenes se depende de una identificación visual posterior. Se puede expresar a un MDT, en particular MDE, de este modo:

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 70 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



$z = f(x, y)$ representando un campo de variación continuo.

Una vez procesadas las imágenes del relevamiento, se obtiene un modelo matemático discreto y esto obliga a definir elementos discretos que simplifican la codificación de la elevación, por ejemplo, las curvas de nivel, que son líneas definidas uniendo puntos del terreno con la misma elevación. Las imágenes del relevamiento se transforman mediante el software adecuado en un modelo de la realidad, y se definen elementos para su concretización por algún medio digital.

Otra definición para MDT es: conjunto de capas (RASTER = representación mediante celdas con estructura regular) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones llamada Modelo Digital de Elevaciones. El formato es raster y corresponde a una definición más amplia del mismo. En su forma más simple, un raster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como, por ejemplo, la temperatura. Las imágenes raster pueden obtenerse mediante fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

La planificación de los vuelos se realizó mediante corridas a diferentes alturas, de modo tal de poder utilizar la altura mínima de vuelo que implique una mayor resolución en las ortofotografías y a su vez permita la obtención de los modelos digitales de elevación y del terreno. Se realizaron vuelos a 4 y 10 m de altura, obteniéndose imágenes de alta resolución (Figura 17), pero con las que fue imposible realizar modelos digitales del terreno, por lo que se efectuaron otros vuelos a 30, 40 y 50 m. de altura, que arrojaron resultados más acertados.

Para el procesamiento de las imágenes se puede aplicar el software libre WebODM, como se muestra en la Figura 18, con una captura de pantalla correspondiente a las tareas (Victoria Lozano 2 tasks) procesadas para el presente apartado. A modo de ejemplo, se muestran los resultados de este tipo de metodología, con el procesamiento de algunas imágenes mediante dicho software.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 71 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 17: Imagen tomada a 10 m de altura.



Figura 18: Procesamiento de imágenes mediante WebODM.

Mediante 13 imágenes tomadas a 50 m de altura y con una superposición del 80%, se obtuvo una ortofotografía (Figura 19), un modelo de elevación digital (Figura 20), un modelo del terreno (Figura 21), y un archivo con la nube de puntos. Todos estos elementos gráficos fueron procesados mediante el software libre Quantum Gis (Qgis).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 72 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

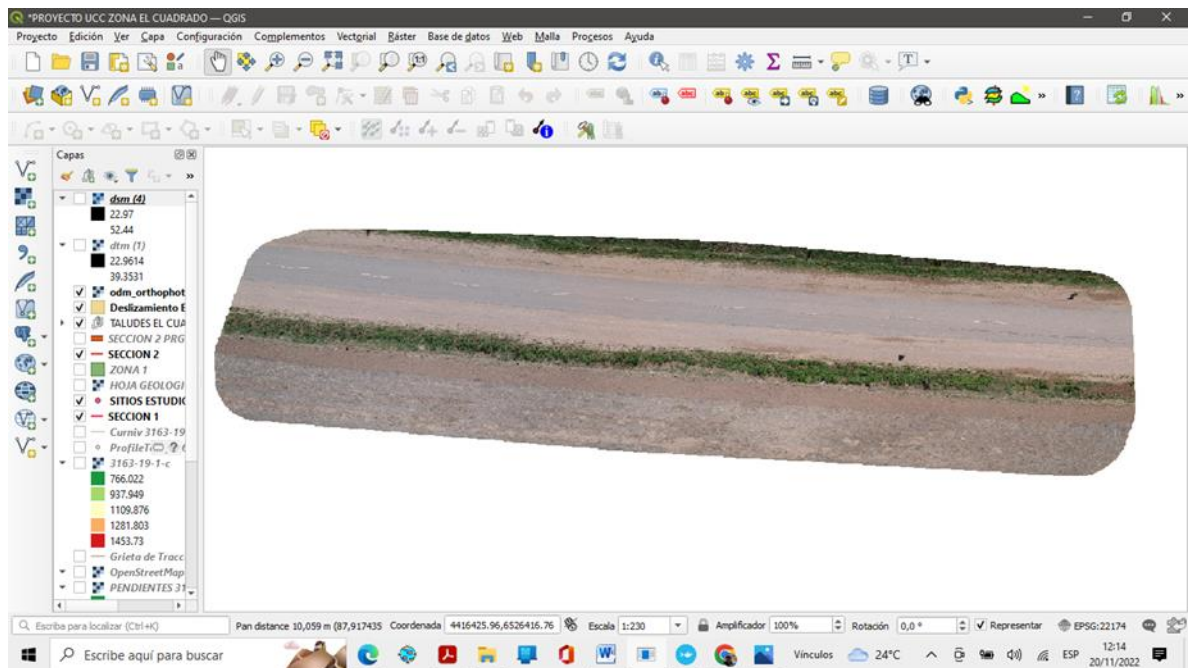


Figura 19: Ortofotografía del tramo de estudio.

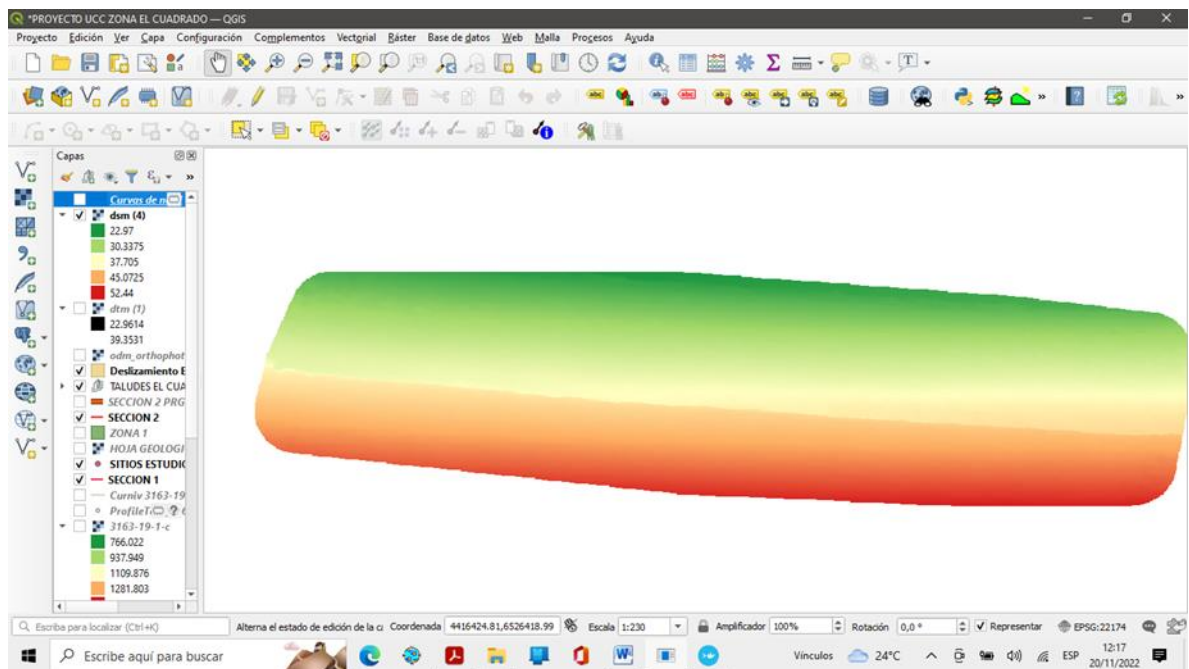


Figura 20: Modelo de elevación digital.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 73 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	

Sobre la Figura 21 se puede realizar la extracción de curvas de nivel con una equidistancia de 10 cm, que se muestra en la Figura 23.

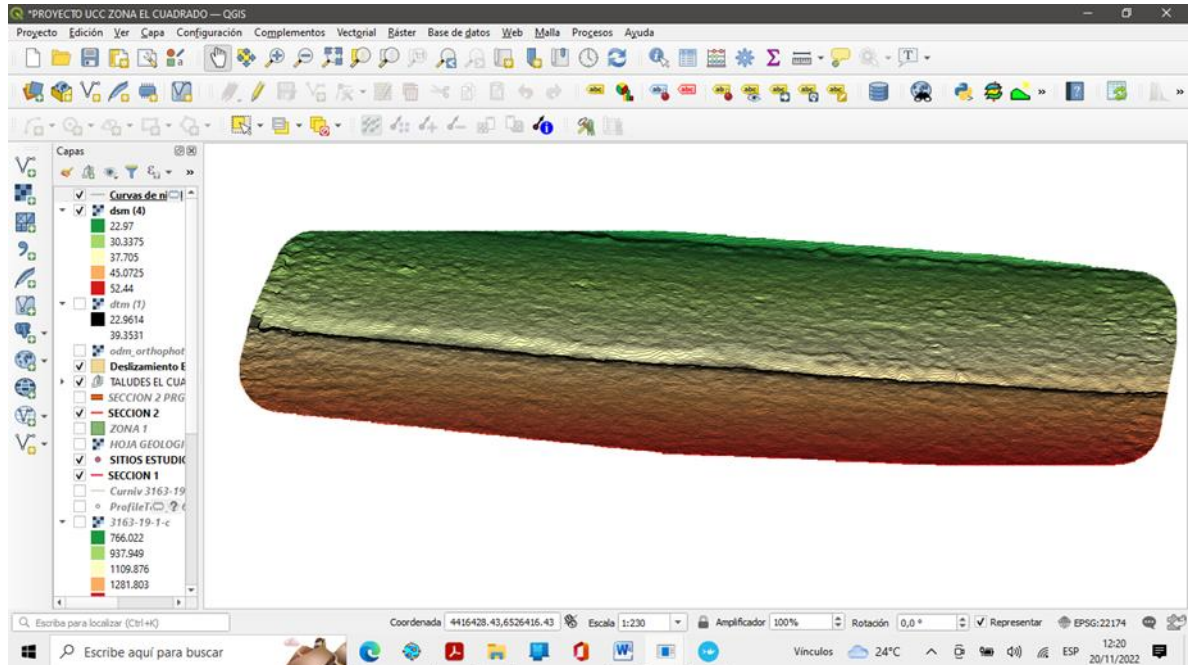


Figura 21: Modelo del terreno.

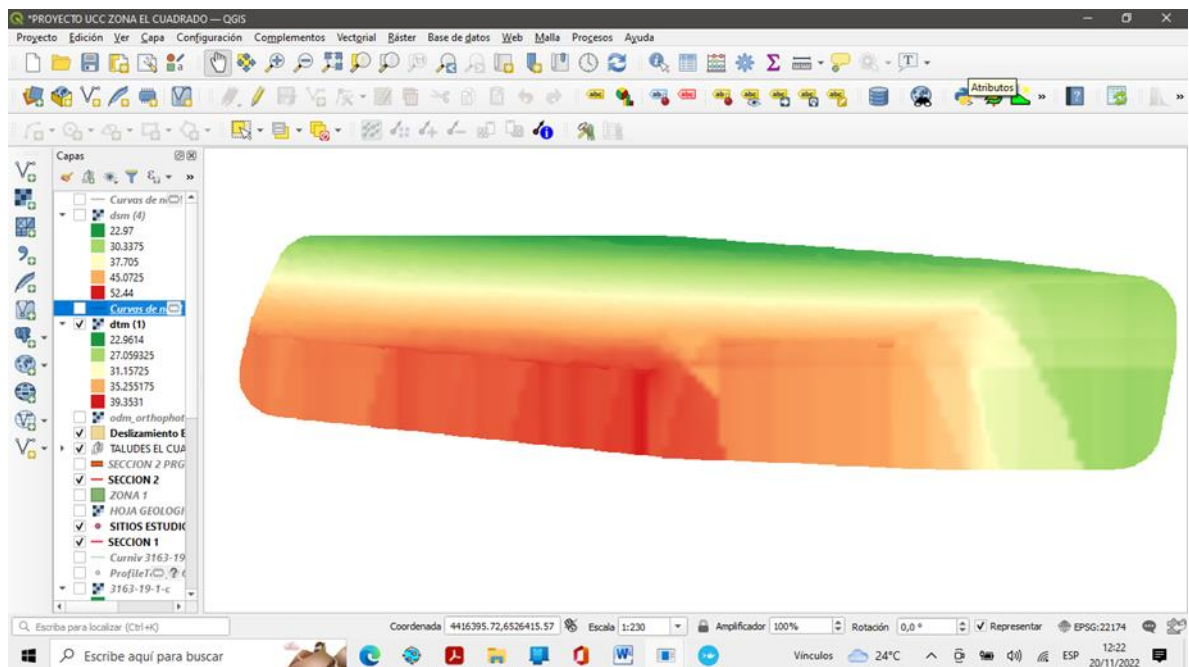


Figura 22: Modelo para la extracción de curvas de nivel.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 74 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	

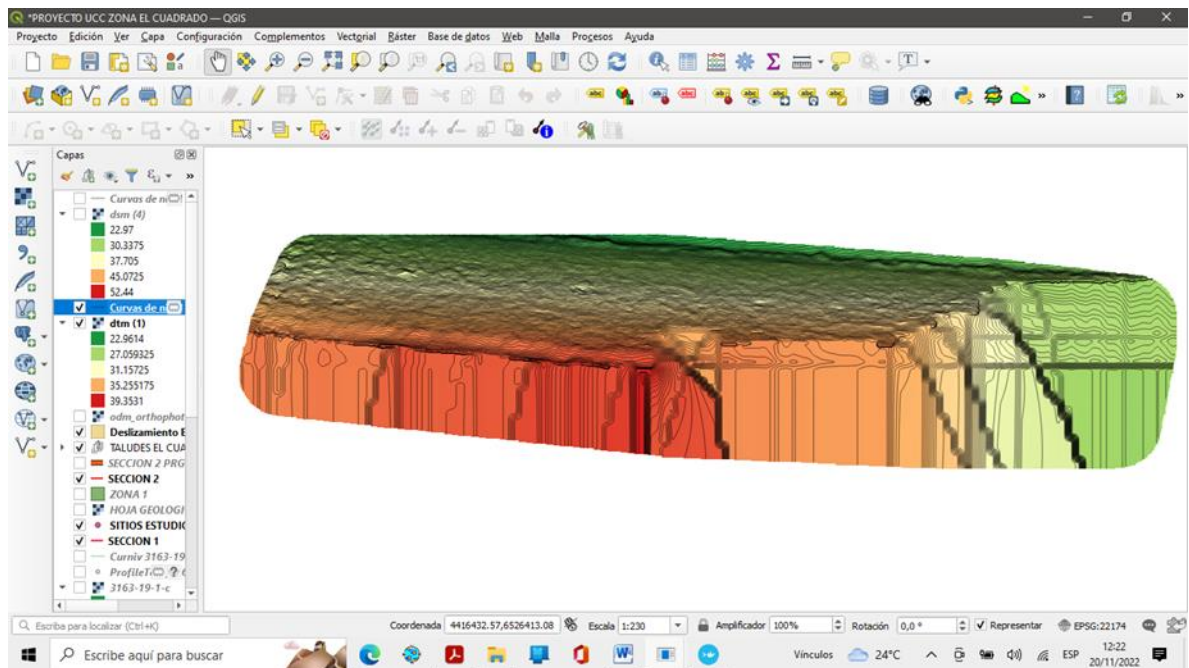


Figura 23: Extracción de curvas de nivel con una equidistancia de 10 cm.

Las curvas de nivel con equidistancia de 0,05 m permiten la detección rápida de los deterioros lineales, por ejemplo, ahuellamientos o fisuras y también areales como los baches. En la Figura 24 se marcó una zona de borde de fisura, donde se produce un desnivel de 4,50 cm y una zona de baches con hundimientos medios de 0,5 cm.

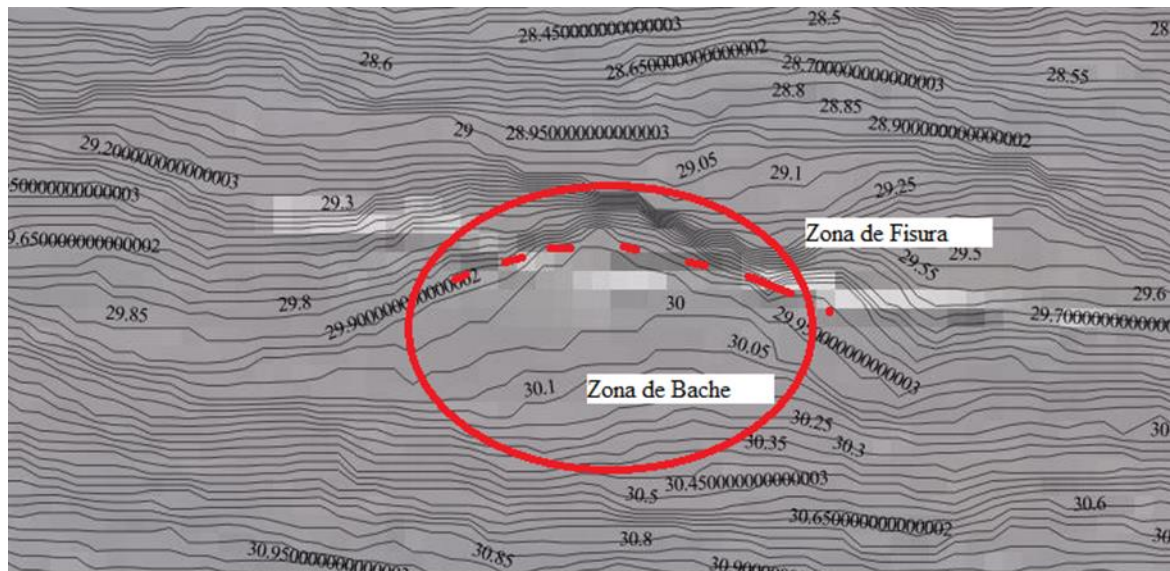


Figura 24: Fisuras y baches detectados preliminarmente mediante el modelo de elevación digital obtenido a través de ortofotografía de dron (50 m de altura).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 75 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



La metodología anteriormente presentada no se utilizó en la evaluación de las fallas del presente trabajo, ya que el segundo relevamiento fue el único en que se pudieron obtener imágenes a 50 m de altura debido que en los otros había fuertes corrientes de viento en dicha altitud.

3.1.3. Planificación de vuelo y toma de imágenes

La ejecución de los tramos experimentales finalizó el 07/04/2021. El primer vuelo realizado con dron, el relevamiento inicial, se llevó a cabo el día 13/05/2021, desde las 12:00 p.m. hasta las 13:35 p.m. La altura del vuelo varió entre los 4,7 y 15 metros de altitud, debido a vientos inesperados que obstaculizaron el normal desempeño del dron. El segundo vuelo, programado para el día 3/11/2021, permitió obtener imágenes de 4 a 9 m., y de 30, 40 y 50 m. de altura. Estos últimos registros fueron los utilizados para la ejecución de los modelos de elevación y del terreno.

El último vuelo o relevamiento final se realizó el 31/08/2022, desde las 11:30 a.m. hasta las 12:45 p.m., con una altura promedio de 10,5 m s.n.m.

Las imágenes aéreas tomadas por el dron, se ejecutaron con la separación espacial adecuada que permita la superposición del 80% de las mismas, consiguiendo alrededor de 20 fotografías por tramo, ya que en varios casos se tuvo que repetir imágenes, debido a cambios de batería, pasaje de vehículos y otros imprevistos. Entre los 3 relevamientos realizados con el dron y cámara manual pudieron tomarse 424 imágenes, ver anexos.

3.2. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Las imágenes utilizadas para medir los distintos tipos de fallas fueron seleccionadas bajo el criterio de que las mismas fueran representativas en la medida de que presenten la mayor cantidad de fallas características de los patrones de deterioro de cada tramo y de cada relevamiento. Las mismas fueron escaladas de acuerdo con una regla/nivel de longitud conocida (60 cm) en las imágenes aerofotografías y una cinta métrica para las imágenes de detalle obtenidas con cámara manual. Posteriormente, fueron sometidas a un ajuste de contraste, con el fin de diferenciar las fallas respecto del contexto, en el software ImageJ.

Finalizado este proceso, el programa fue calibrado acorde con las escalas nombradas (Figura 25) y se realizó el análisis de cada falla visible, a través de la medición de áreas, longitudes, diámetros, etc. Con el objetivo de obtener resultados más representativos, se

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 76 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

ejecutaron como mínimo 5 mediciones de cada parámetro para establecer un promedio como valor característico de cada uno. Dichas mediciones y resultados fueron registrados en las tablas presentadas en el Capítulo 7.

Las fallas analizadas se ordenaron según el catálogo de fallas del Capítulo 4, siendo las demarcadas y medidas las más relevantes para la sección, ya que parte de ellas, escapan de las posibilidades de medición computacional o se intercalan unas con otras, formando así una combinación, donde la evolución del deterioro es producido por el efecto de acción – reacción entre ambas.

Como ejemplo del uso del programa ImageJ, se mide el área de ahuellamiento del primer relevamiento en el tramo 1. Para comenzar, se debe ajustar la escala del programa con una longitud o escala conocida, que para este caso es la regla nivel de 60 cm de largo.

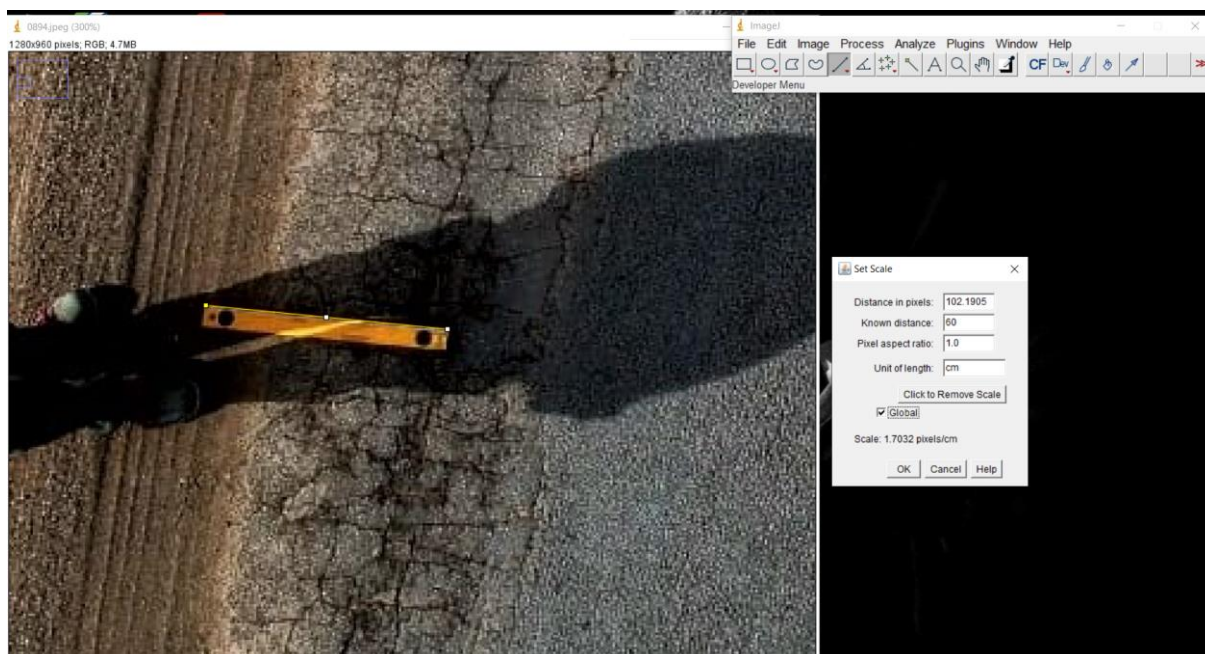


Figura 25: Ajuste de escala en ImageJ.

Una vez fijada la escala, se procede a delimitar el área mediante la herramienta “polígono”, se cierra el polígono y luego se presiona la letra M del teclado para medir el área de la figura. Los valores medidos aparecerán en la tabla de resultados como se muestra en la Figura 26.

Se repite este proceso sobre la misma falla las veces que sea necesario para efectuar el promedio correspondiente. En este caso, se establecieron como mínimo 5 mediciones de

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 77 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

cada parámetro, como se observa en la Figura 27. Realizadas estas mediciones, la tabla puede ser guardada y exportada a Excel para hacer los cálculos que sean necesarios.

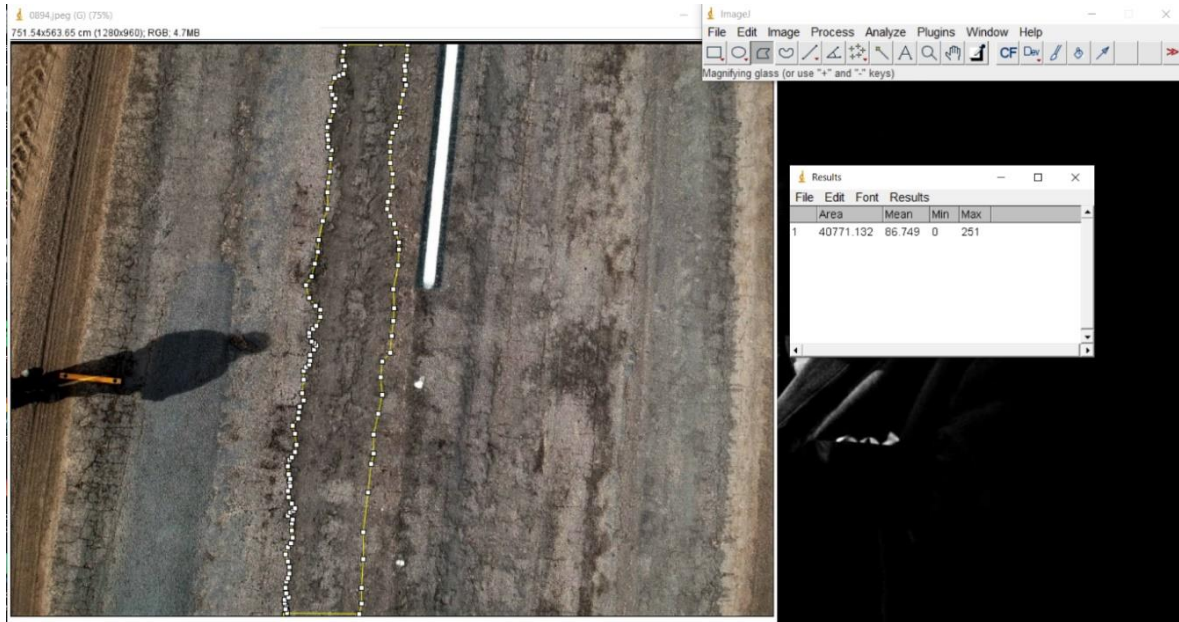


Figura 26: Medición de área de ahuellamiento en ImageJ.

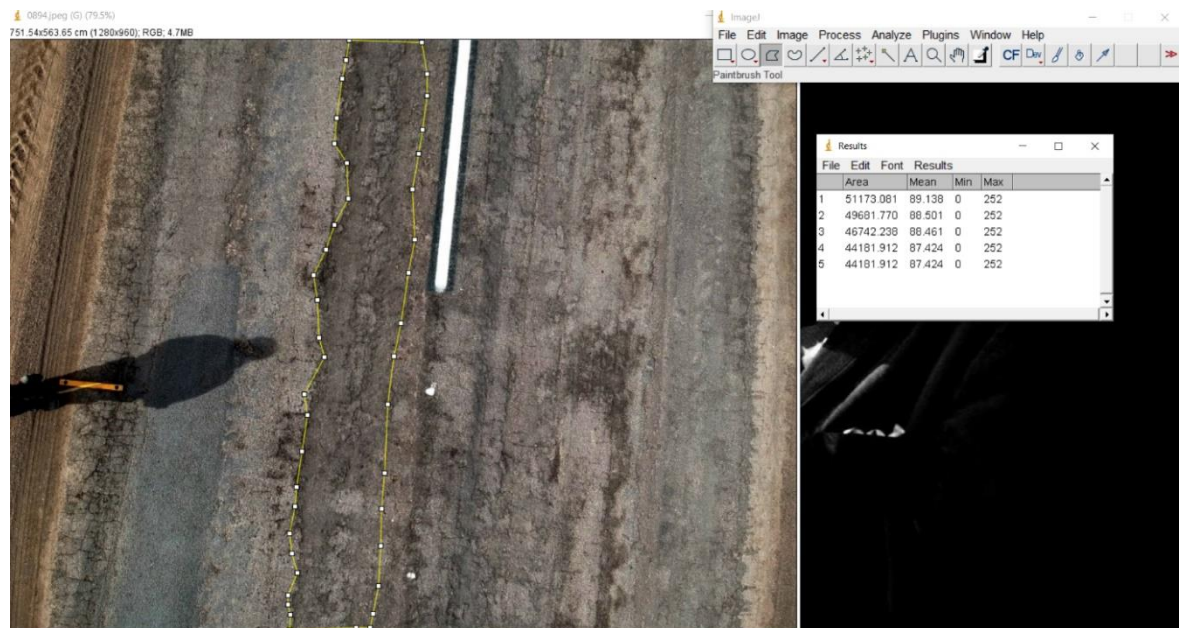


Figura 27: Serie de mediciones de áreas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 78 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Para la medición de longitudes se realiza el mismo procedimiento, pero con la herramienta “Línea”. También existen otras herramientas para la medición de ángulos y circunferencias, así como binarizar imágenes, visualizar imágenes en 3D, entre otras funciones.

A partir de los antecedentes revisados se configuró el catálogo de fallas que sirvió de modelo para evaluar el tramo estudiado.

3.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Para el procesamiento de las imágenes los patrones adoptados como escala, la regla-nivel y la cinta métrica, son adecuados porque son instrumentos económicos y fáciles de transportar. La regla nivel se usó para las aerofotografías y la cinta métrica para medir la profundidad y el ancho de fisuras en aquellos casos donde la precisión fue necesaria.

Esta metodología basada en fotografías obtenidas con dron y con cámara manual, es la adecuada para el relevamiento de fallas en este tipo de caminos, con relación al tiempo insumido, respecto del relevamiento de forma tradicional.

Con relación al procesamiento y análisis de los datos, el software ImageJ transforma imágenes en datos cuantitativos con importante ahorro de tiempo en el procesamiento de información. Esto representa una ventaja respecto de las formas tradicionales debido a que la información obtenida es reproducible en cualquier momento a fin de analizar la evolución de las fallas en el tiempo, establecer las medidas preventivas de conservación en un tramo determinado y también que se puede extrapolar lo experimentado a nuevas situaciones. Cabe destacar que es un programa accesible para cualquier presupuesto dado que es de uso libre y sencillo de aplicar.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 79 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 4 : CATÁLOGO DE FALLAS

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 80 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1. CATÁLOGO DE FALLAS Y MANTENIMIENTO

Las continuas solicitaciones del tránsito y de las acciones climáticas, son una de las causas principales del colapso o falla de los pavimentos, actuando de manera gradual y progresiva. Se entiende por “falla” de un pavimento a “toda indicación de un desempeño insatisfactorio del pavimento, es decir, todo apartamiento de un comportamiento definido como perfecto”. Departamento de administración y evaluación de pavimentos. (1990)

Para seleccionar, de manera adecuada y oportuna, las potenciales medidas correctivas para los daños producidos en la superficie de rodamiento, la observación y evaluación del desarrollo de los daños es sustancial.

Motivo por el cual, en el presente capítulo, se proporciona una guía, o catálogo, para determinar no solo la gravedad de los daños en las superficies de pavimentos flexibles, rígidos y en caminos rurales, sino también para poder identificar el tipo de comportamiento que tiene el camino estabilizado en cuestión, ya que, al materializarse y conformarse con técnicas y estabilizadores diversos, la conducta puede ser del tipo flexible, rígida, mixta y/o rural. Asimismo, el catálogo permite un análisis preliminar de las posibles causas de un determinado problema, aspecto muy útil a la hora de elegir las reparaciones adecuadas.

Cabe señalar que los daños definidos se analizaron de manera individual. En la práctica, comúnmente se encuentra que, durante la degradación del pavimento o camino, a medida que evolucionan hacia una mayor severidad, no suceden de forma aislada, observándose así un “daño combinado”. En muchos casos responden a mecanismos típicos de deterioro y la evolución o grado de progresión del detrimento de la superficie del camino, constituyen una “cadena de fallas o familia de fallas”. Se menciona también la posible evolución de los daños describiendo las potenciales consecuencias de retrasar las reparaciones. Cada falla, está acompañada de fotografías e ilustraciones.

En virtud de lo expuesto, en el catálogo también se proponen alternativas de mantenimiento vial, relacionadas con el tipo y severidad de falla, cuya finalidad es preservar el capital ya invertido y evitar el deterioro físico prematuro del camino, en conjunto con la seguridad vial.

La base conceptual para conseguir un mantenimiento amigable con las condiciones físicas del camino y satisfactorio para el usuario, radica en la aplicación de sistemas de gestión que

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 81 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

operan principalmente de acuerdo a criterios preventivos. Es un cambio de la práctica laboral tradicional donde, en vez de actuar para reparar lo dañado, se actúe para impedir o evitar el deterioro. En otras palabras, se trata de cambiar paulatinamente el actual trabajo institucional en el que prevalecen las acciones correctivas, en lugar de las preventivas.

La curva de la Figura 28, se basa en un pavimento de hormigón asfáltico; ya que para caminos del tipo rural la descomposición se presenta generalmente al cabo de 1, 2 o 3 años; sin embargo, el concepto general del gráfico es representativo para los caminos de cualquier tipo.

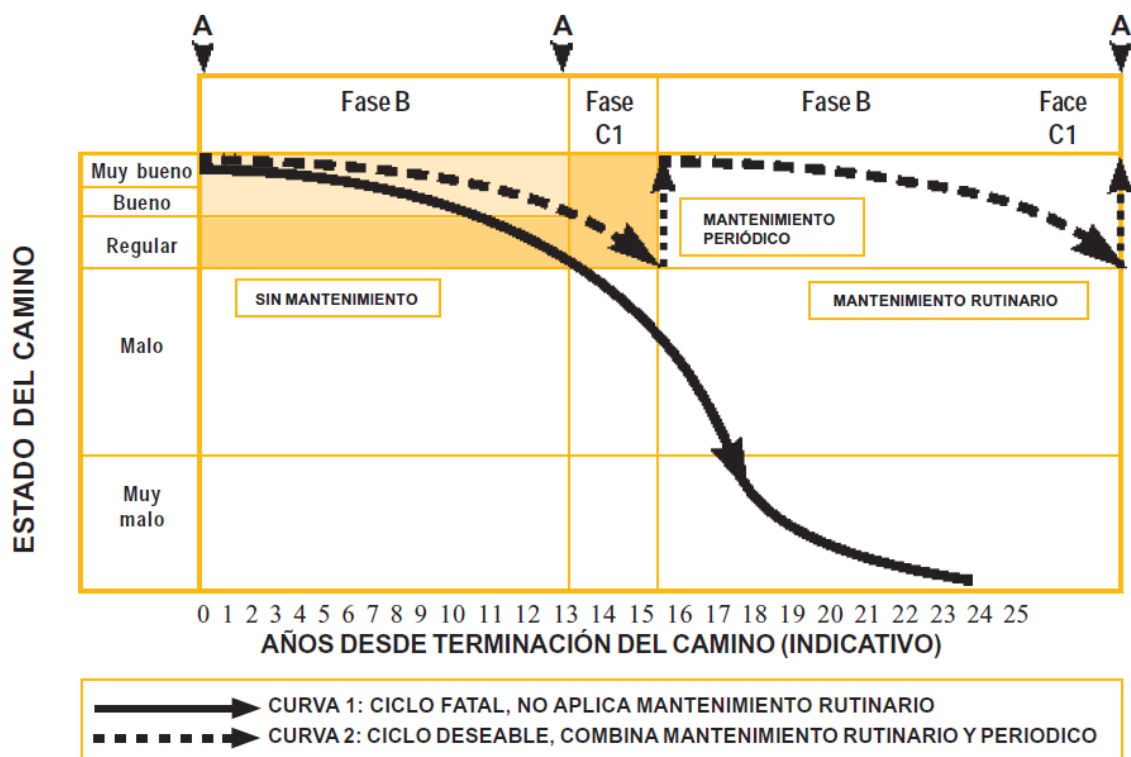


Figura 28: Condición de la vía con y sin mantenimiento. ³³

³³ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 82 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.1. Pavimentos flexibles

En esta sección se presentan 20 fallas concurrentes en los pavimentos del tipo flexible, divididas según la modalidad en la que se presentan:

- Deformaciones permanentes
 - Ahuellamiento
 - Hundimiento
 - Corrugación
 - Corrimiento
 - Hinchamiento
- Fisuras y agrietamientos
 - Fisura longitudinal
 - Fisura transversal
 - Fisuras en bloque
 - Fisuras tipo piel de cocodrilo
 - Fisuras por reflexión de juntas
 - Fisuras en arco
- Desintegraciones
 - Desprendimiento / pérdida de agregados
 - Desintegración por peladuras
 - Estrías longitudinales
 - Baches
 - Roturas de bordes
 - Pulimiento de superficie
- Otros modos de falla
 - Exudación de asfalto
 - Exudación de agua / bombeo
 - Bacheo y reparaciones

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 83 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.1.1. Deformaciones permanentes

Tabla 17: Ahuellamiento

Pavimento flexible: Deformaciones permanentes		
Designación	Ahuellamiento	
Descripción	Deformación del perfil transversal causada por una depresión longitudinal sobre la trayectoria de las ruedas de los vehículos, frecuentemente acompañado a lo largo por una elevación de sus zonas adyacentes. Es decir, se produce una consolidación y/o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas del tránsito.	
Posibles causas	<p>El desencadenante de esta falla, es la repetición de las cargas de tránsito, sobre caminos con alguna de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño inadecuado de la mezcla asfáltica. (exceso de asfalto o ligante muy blando). - Compactación o calidad deficiente de las capas del paquete estructural. - Insuficiente estabilidad de las capas por ingreso de agua. - Inadecuado diseño del paquete estructural (capas subdimensionadas). - Consolidación de una o varias de las capas. - Exagerado incremento en las cargas de tránsito. - La deformación plástica de una mezcla asfáltica aumenta en climas cálidos. 	
Niveles de severidad	<p>El nivel de severidad es determinado en función de la profundidad media de la huella. Esta medición se realiza a partir de la colocación de una regla de manera transversal al eje de la calzada. Se establecen tres niveles de severidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): profundidad promedio menor a 2 cm. (Figura 32) - Medio (M): profundidad promedio entre 2 cm a 4 cm. (Figura 33) - Alto (A): profundidad promedio mayor a 4 cm. (Figura 34) 	
Medición	El ahuellamiento se mide en m ² multiplicando su longitud por el ancho afectado por la huella. Las áreas totales de cada sección se registran separadamente, según su severidad.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la extensión y profundidad del ahuellamiento, seguido de fisuramiento, dando lugar a una sucesión de fallas encadenadas como: ahuellamiento, fisuramiento longitudinal, piel de cocodrilo y finalizando en un bache. - El aumento del ahuellamiento puede llegar a una falla estructural del pavimento y provocar hidroplaneo por almacenamiento de agua. 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Si la falla está localizada, no se lleva a cabo ninguna acción, salvo vigilar su evolución. - Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento, se rellena la huella con mezcla asfáltica, hasta nivelar la cota con la rasante.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 84 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo superficial nivelante con mezcla en frío o en caliente. - Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adoptar alguno de los tratamientos precedentes. El pavimento probablemente requiera de un refuerzo estructural en corto plazo.
	Alta severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación previa con alguno de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente. - Fresado de la capa asfáltica y reemplazo por otra diseñada adecuadamente - Reconstrucción con base granular y carpeta, o tratamiento asfáltico, teniendo en cuenta los inconvenientes previos.

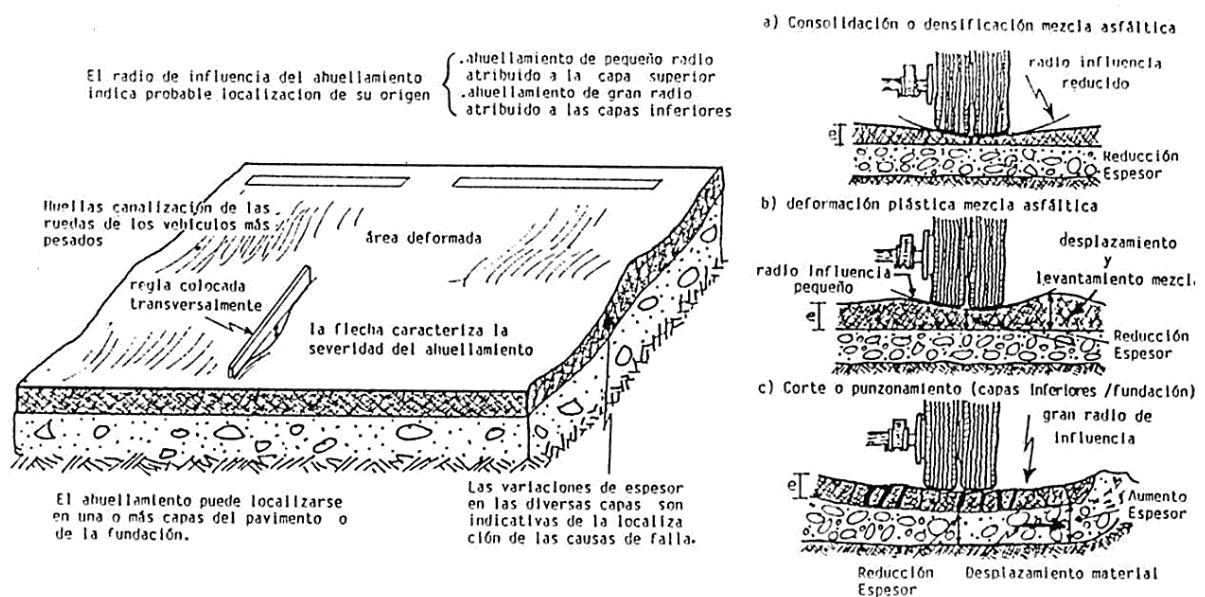


Figura 29: Esquema de deformación por ahuellamiento.³⁴

³⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 85 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

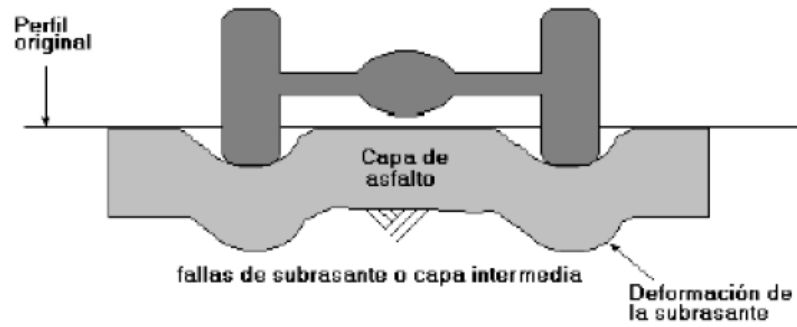


Figura 30: Ahuellamiento por falla en la subrasante.³⁵

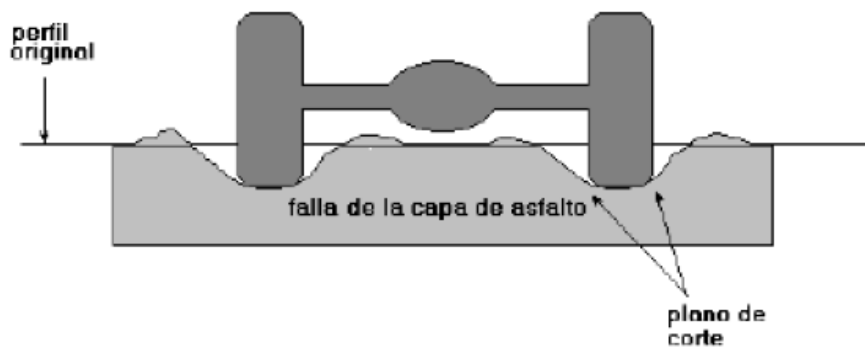


Figura 31: Ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica.³⁶



Figura 32: Ahuellamiento de severidad baja con fisuras tipo pie de cocodrilo.³⁷

³⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

³⁶ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

³⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 86 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 33: Ahuellamiento de severidad media con desplazamiento lateral.³⁸



Figura 34: Ahuellamiento de severidad alta, con desplazamiento lateral.³⁹

³⁸ Fuente: Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002)

³⁹ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 87 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 18: Hundimiento

Pavimento flexible: Deformaciones permanentes	
Designación	Hundimiento
Descripción	Es un desplazamiento o depresión de la superficie del pavimento (respecto de la rasante) hacia abajo, localizado en un área específica del mismo, pudiendo ocurrir en los bordes o interiormente en la calzada. En algunas ocasiones, estas depresiones son difíciles de detectar, si no es luego de una lluvia, por el depósito de agua o indicios de humedad; en otros casos son evidentes o muy visibles. La distorsión y desplazamiento en extensas superficies de pavimento, que forman grandes y largas depresiones, también son conocidas como “ondulaciones”.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Debilidad de la base. - Asentamiento o consolidación de estratos compresibles, de gran longitud de onda. - Insuficiencias constructivas (insuficiente nivelación, heterogeneidades constructivas entre base y sub-base, etc.) - Pérdida de estabilidad o disminución del valor soporte por incremento de humedad en capas de pavimento o fundación. - Obras de drenaje deficientes. - Falta de confinamiento lateral de las banquetas (hundimiento de borde).
Niveles de severidad	<p>El nivel de severidad es determinado de manera cualitativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): la falla (hundimiento) induce a un leve balanceo del vehículo, produciendo una calidad de tránsito de baja severidad. (Figura 36) - Medio (M): la falla produce una calidad de tránsito mediana por balanceos molestos. - Alto (A): la comodidad de manejo es seriamente afectada por el hundimiento, provocando movimientos potencialmente peligrosos en el vehículo. En este nivel se puede estimar profundidades mayores de 50 mm. (Figura 37)
Medición	El hundimiento se registra en metros cuadrados (m ²), según el nivel de severidad. Si está acompañado por fisuras, las mismas deberán ser registradas también.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la falla es causada por defectos constructivos, esta puede permanecer estable por un período prolongado de tiempo. - Cuando la falla es causada por una debilidad de la base, estas pueden desarrollarse muy rápidamente en severidad y extensión, dando lugar a baches. Si esto es acompañado por un proceso de fisuración, la estructura corre peligro de infiltraciones de agua, provocando una desintegración del área.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 88 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

	Severidad media	- Si la falla está localizada se procede a realizar un bacheo superficial nivelante con mezcla en frío o caliente.
	Alta severidad	Si la falla está localizada: - Se procede a realizar un bacheo superficial nivelante con mezcla en frío o caliente. - Bacheo profundo, incluida la reposición de la base. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: - Escarificar parcialmente el pavimento existente y reconstruir la base granular y carpeta asfáltica en caliente. - Mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo.

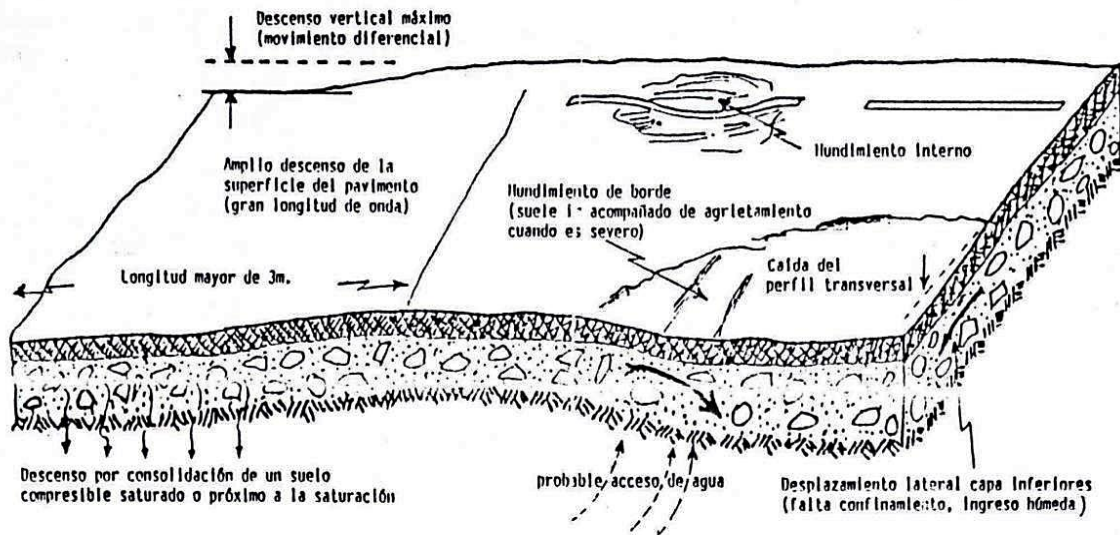


Figura 35: Esquema de deformación por hundimiento.⁴⁰

⁴⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 89 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 36: Deformación por hundimiento de baja severidad.⁴¹



Figura 37: Deformación por hundimiento de alta severidad.⁴²

⁴¹ Fuente: Vázquez Varela. (2002)

⁴² Fuente: Rodas Montenegro & Ybarra Chauca. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 90 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 19: Corrugación

Pavimento flexible: Deformaciones permanentes		
Designación	Corrugación	
Descripción	También llamada “ondulación”, es una falla caracterizada por la sucesión de valles y crestas en dirección perpendicular a la trayectoria del tránsito, dado por el movimiento plástico de la superficie del pavimento, ocasionando un patrón de ondulaciones. La separación entre crestas suele encontrarse en un rango de 0.60 a 0.90 m, siempre menor a 3 m.	
Posibles causas	El desencadenante de esta falla, es la repetición de las cargas de tránsito, sobre caminos con alguna de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> - Carpeta asfáltica y/o base, inestable (muy deformable), pero bien adheridas a la capa de apoyo subyacente, en zonas de aceleración, frenado o circulación lenta en rampas con mucha pendiente, donde se generan grandes esfuerzos tangenciales. - Mala calidad en la base. - Altas temperaturas (climas cálidos) que reducen la estabilidad de la mezcla. - Fallas constructivas como sobredosificación de ligante, contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica, ligantes muy blandos, áridos redondeados etc. - Exceso de humedad en la subrasante o capas granulares, generando asentamientos diferenciales. 	
Niveles de severidad	El nivel de severidad es determinado de manera cualitativa según su efecto en la comodidad de manejo, también existen ciertos valores de referencia de profundidad. <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): la ondulación genera a una leve vibración en el vehículo, sin generar incomodidad. Profundidad menor a 1 cm. (Figura 39) - Medio (M): la ondulación produce una calidad de tránsito mediana, por vibraciones incómodas. Profundidad máxima entre 1 y 2 cm. (Figura 40) - Alto (A): la comodidad de manejo es seriamente afectada por las vibraciones, provocando movimientos potencialmente peligrosos en el vehículo, siendo necesaria la reducción de la velocidad. Profundidad máxima mayor a 2 cm. (Figura 41) 	
Medición	La ondulación se registra en m ² , según el nivel de severidad.	
Potencial evolución	- Incremento en la amplitud y número de ondas.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar.
	Severidad media	- Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezclas en frío en caliente. - Fresado en frío y tratamiento superficial asfáltico. - Fresado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 91 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo profundo, con reposición de la base. - Fresado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente. - Escarificación de la carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla en caliente. - Escarificación parcial del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente.
--	-------------------	---

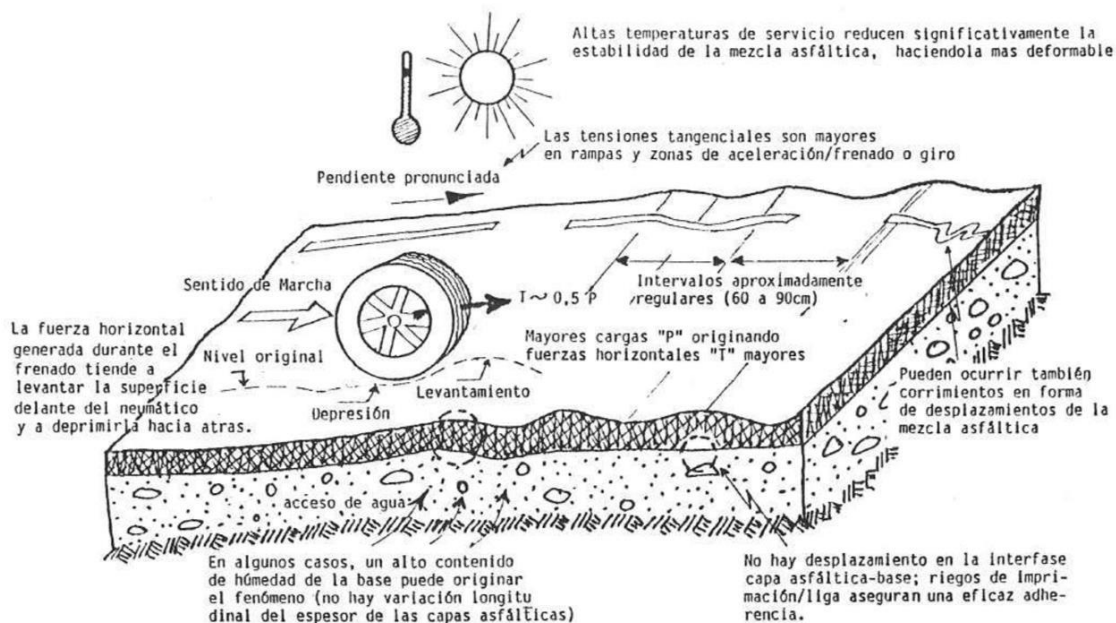


Figura 38: Esquema de deformación por corrugación.⁴³

⁴³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 92 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 39: Corrugación con bajo nivel de severidad.⁴⁴



Figura 40: Corrugación con nivel medio de severidad.⁴⁵

⁴⁴ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

⁴⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 93 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 41: Corrugación con alto nivel de severidad. ⁴⁶

⁴⁶ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 94 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 20: Corrimiento

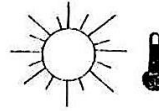
Pavimento flexible: Deformaciones permanentes	
Designación	Corrimiento
Descripción	Deformación plástica de la capa asfáltica debido al deslizamiento de la misma, originando levantamientos del material que forma "cordones".
Posibles causas	<p>Este tipo de falla es producida por la acción de las cargas de tránsito, cuando se presenta alguno de los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baja estabilidad en la capa asfáltica por mala adherencia a la capa subyacente. - Irregularidades durante la elaboración de la mezcla: exceso de asfalto. - Defectos constructivos que provocan una deficiente adherencia entre capas, como exceso de asfalto en riegos de imprimación, degradación de la porción superior de bases cementadas, etc. - Altas temperaturas de servicio. - Falta de contención lateral. - Desplazamiento del material asfáltico por dilatación del pavimento de hormigón subyacente. - Desplazamiento lateral y/o ascendente de bases granulares.
Niveles de severidad	<p>El nivel de severidad es determinado de manera cualitativa según el confort en el manejo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): la falla (corrimiento) induce a una leve vibración del vehículo, sin generar incomodidad. (Figura 43) - Medio (M): la falla produce una calidad de tránsito media, por molestos balanceos y vibraciones apreciables. (Figura 44) - Alto (A): la comodidad de manejo es seriamente afectada por el corrimiento, provocando movimientos potencialmente peligrosos en el vehículo, obligando a reducir la velocidad. (Figura 45)
Medición	El corrimiento se registra en m ² , según el nivel de severidad. Si está acompañado por fisuras, las mismas deberán ser registradas.
Potencial evolución	- Eventualmente se pueden generar baches superficiales.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar salvo vigilar la evolución.
	<p>Severidad media</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo parcial de capa asfáltica, con mezcla en frío o caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fresado en frío + un tratamiento asfáltico en la superficie.
	<p>Alta severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo parcial con mezcla en frío o caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 95 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	

		- Fresado o escarificado de la carpeta asfáltica existente, con una reposición de mezcla asfáltica de alta estabilidad en caliente.
--	--	---

ESQUEMA

La mezcla desplazada suele formar cordones transversales cuando fuerzas de aceleración/frenado son las desencadenantes, o laterales cuando acompañan ahuellamientos cordón transversal (por lo general muy irregular).



Altas temperaturas reducen la estabilidad de las mezclas asfálticas, favoreciendo el desarrollo de corrimientos bajo la acción de las cargas.

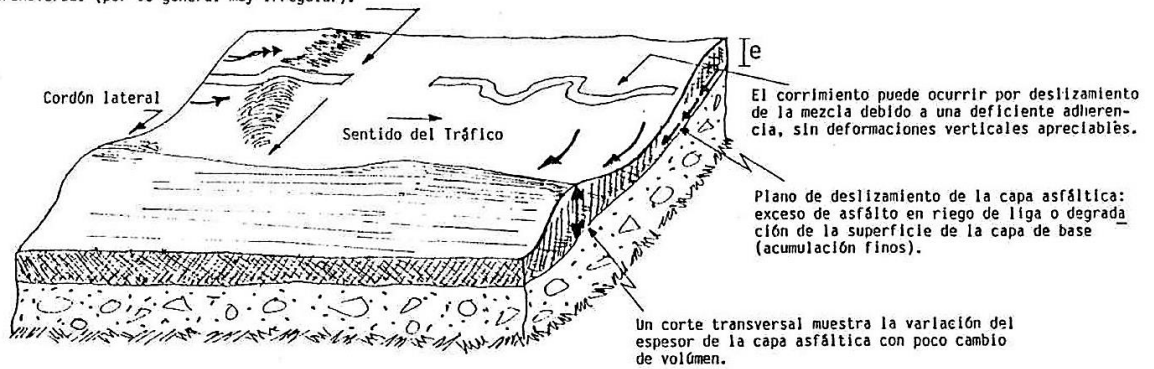


Figura 42: Esquema de deformación por corrimiento.⁴⁷



Figura 43: Corrimiento de baja severidad.⁴⁸

⁴⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁴⁸ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 96 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 44: Corrimiento de mediana severidad. ⁴⁹



Figura 45: Corrimiento de alta severidad. ⁵⁰

⁴⁹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁵⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 97 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 21: Hinchamiento

Pavimento flexible: Deformaciones permanentes		
Designación	Hinchamiento	
Descripción	Hinchazón o ascenso vertical y diferencial, de la superficie del pavimento, de manera prominente en un área puntual de la superficie o de manera gradual, con una longitud de más de 3 m, que distorsiona el perfil de la vía. En ambos casos, puede estar acompañada de agrietamientos superficiales.	
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Congelamiento de suelos susceptibles en la subrasante. - Cambios volumétricos en la subrasante o capas estructurales, debido a la acción del agua en suelos expansivos. - Ineficiente tratamiento en suelos arcillosos, potencialmente expansivos, durante las etapas de construcción y/o compactación. - Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento y/o fundación con materia orgánica. 	
Niveles de severidad	El nivel de severidad es determinado de manera cualitativa según el confort en el manejo: <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): baja incidencia en la comodidad de manejo, por pequeña distorsión del perfil longitudinal. - Medio (M): la falla produce una calidad de tránsito media, generando incomodidad en el manejo. - Alto (A): alta incidencia en la comodidad de manejo condicionando la velocidad promedio de operación con peligro para la circulación. (Figura 47 y Figura 48) 	
Medición	Se registra en m ² , según el nivel de severidad. Si está acompañado por fisuras, las mismas deberán ser registradas.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Progresiva distorsión del perfil longitudinal, causando pérdidas en la serviciabilidad. - Desarrollo de agrietamientos, con potencial manifestación de baches. 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar.
	Severidad media	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none"> - Si no hay presencia de agrietamientos, no es necesario ningún tratamiento, salvo vigilar su evolución. De lo contrario, cuando el levantamiento se presenta con algún indicio de agrietamiento, de manera local o generalizada en la superficie de pavimento: <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo profundo, con reposición de base granular. - Fresado en frío acompañado de tratamiento superficial.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 98 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se realiza un bacheo profundo con reposición de base granular. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escarificación parcial del pavimento existente con reconstrucción de base y carpeta asfáltica o tratamiento asfáltico según tránsito. - Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente. - Recomposición o mejoramiento del sistema de drenaje superficial y/o profundo, combinado con las técnicas precedentes.
--	-------------------	--

IEVA

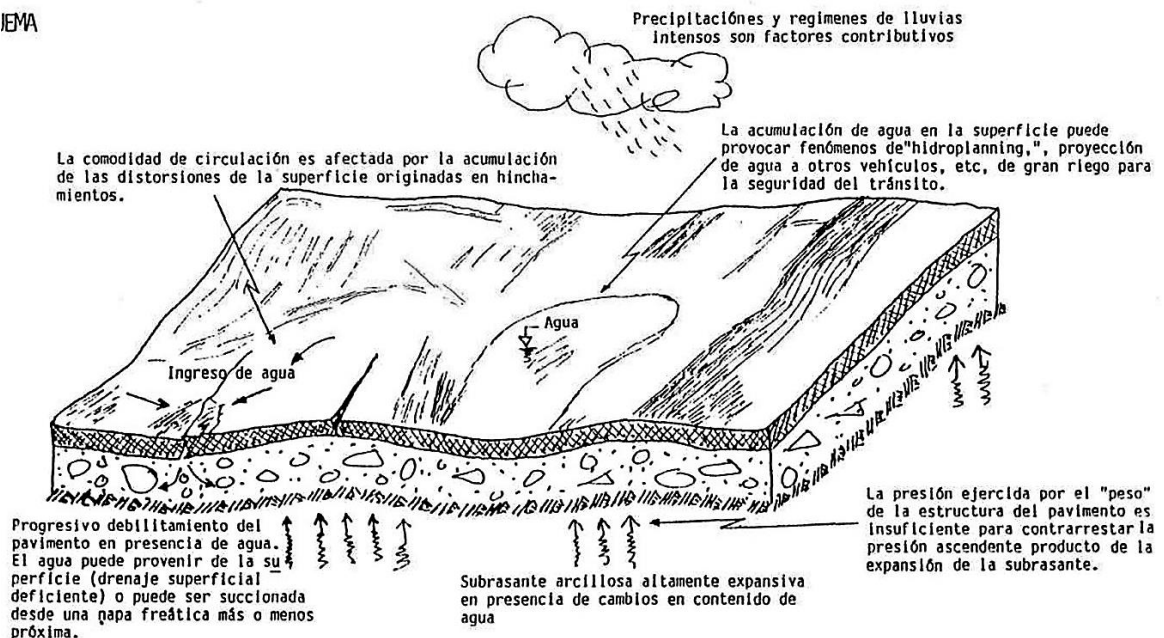


Figura 46: Esquema de deformación por hinchamiento. ⁵¹

⁵¹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 99 de 422
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>		



Figura 47: Hinchamiento de alta severidad.⁵²



Figura 48: Hinchamiento de alta severidad.⁵³

⁵² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁵³ Fuente: Andrade, Hernández & Salomón. (2020)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 100 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.1.2. Fisuras o agrietamientos

Tabla 22: Fisura longitudinal

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisura longitudinal
Descripción	<p>Fisura extendida en la misma dirección del tránsito sobre la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la calzada.</p> <p>Pueden localizarse en las huellas de canalización del tránsito, próximos a los bordes, en el eje o en correspondencia con los anchos de distribución de las mezclas. La ubicación es indicativa del de su origen.</p> <p>Se excluyen de este grupo, las fisuras resultantes de la reflexión de juntas, características en pavimentos mixtos.</p>
Posibles causas	<p>Son numerosas las causas que pueden dar origen a fisuras longitudinales y, por lo tanto, son variables sus resultados para el futuro comportamiento del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Asentamiento lateral del terraplén, o asentamientos en capas inferiores.- Mala compactación.- Espesores insuficientes.- Contracción e hinchamiento de la subrasante.- Contracción y expansión de losa unida a juntas transversales en malas condiciones o incorrecta ubicación de juntas longitudinales.- Contracción de mezcla asfáltica por excesivo endurecimiento u oxidación del bitumen, por exposición a bajas temperaturas o por mucha amplitud térmica.- Reflexión de fisuras localizadas en una capa inferior por recapados delgados sobre pavimentos antiguos muy agrietados.- Grietas por retracción de bases estabilizadas o de juntas originadas en la construcción de ensanches, cuando la rigidez entre materiales del antiguo y nuevo pavimento es diferente.- Deficiente proceso constructivo de las juntas longitudinales durante la colocación de la mezcla asfáltica, típico en el eje de la vía y/o en coincidencia con los carriles de distribución.- Acción del tránsito sobre el área del pavimento próxima al borde, donde se encuentra debilitado por efecto de deficiente confinamiento lateral (falta de banquina), constructivos (falta de sobreebanco en la base) o ingreso de agua lateral (deficiente drenaje): ocurren entre 0,30 y 0,60 m del borde de la calzada.- Fatiga de la mezcla asfáltica sometida a repeticiones de carga que provocan deflexiones recuperables importantes (pavimento débil). Ocurren en las huellas de canalización del tránsito.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 101 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Niveles de severidad	<p>Los niveles de severidad se basan en el ancho promedio de cada fisura y grado de ramificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 0,5 cm; no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes. En el caso de fisuras selladas, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria (no permite ingreso de agua). (Figura 50) - Medio (M): fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 0,5 cm; no hay signos de descascaramiento o es muy leve. (Figura 51) Fisura sellada de cualquier ancho con material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua). Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, que evidencian algunos de los siguientes signos de degradación: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Moderado descascaramiento alrededor de sus bordes. ▪ Ramificación en forma de fisuras erráticas finas (baja severidad), próximas a la fisura o intersecándolas. ▪ La fisura produce golpeteo en los vehículos por los bordes levemente desnivelados de la falla. - Alto (A): fisura de bordes descascarados. Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta. Causa un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo, por los bordes significativamente desnivelados. (Figura 52) 	
Medición	<p>Las fisuras longitudinales se registran en metros lineales. Se consigna la longitud y severidad de cada fisura, totalizando luego el número de metros correspondientes a cada uno de los tres niveles des severidad para cada sección de pavimento evaluada.</p>	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Al principio aparecen como una fisura simple. - Evoluciona en longitud, ramificación y multiplicación de fisuras múltiples hasta dar lugar a agrietamiento tipo piel de cocodrilo. - La evolución es más rápida en la medida que ingresa agua a las capas inferiores (climas lluviosos, bases susceptibles a la pérdida de capacidad soporte por efecto de agua). 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de la superficie con emulsión bituminosa.
	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisura con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 102 de 422
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>		

		<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. - Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica. - Recapado con mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según el tránsito.
--	--	--

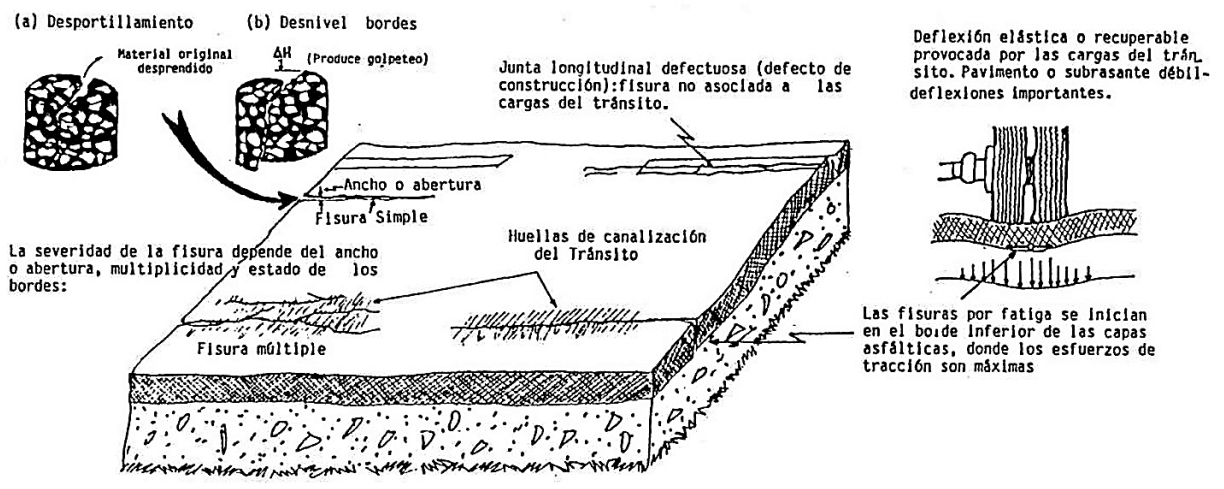


Figura 49: Esquema de fisuras longitudinales.⁵⁴

⁵⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 103 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 50: Fisura longitudinal con bajo nivel de severidad.⁵⁵

⁵⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 104 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 51: Fisura longitudinal de severidad media.⁵⁶



Figura 52: Fisura longitudinal de alta severidad.⁵⁷

⁵⁶ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

⁵⁷ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 105 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 23: Fisura transversal

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisura transversal
Descripción	<p>Fisuras extendidas en sentido transversal a la dirección del tránsito o dirección de construcción.</p> <p>Pueden afectar a todo el carril o limitarse a los 60 cm próximos al borde. Generalmente, este tipo de falla se distribuye en intervalos aproximadamente regulares de entre 5 y 20 m. Pueden desarrollar ramificaciones.</p> <p>Se excluyen de este grupo las fisuras provenientes de la reflexión de juntas transversales, características de pavimentos mixtos en los que existe una losa de hormigón bajo la capa asfáltica</p>
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none">- Excesiva distancia entre juntas de contracción.- Demora en su aserrado.- Insuficiencia de apoyo de losas en proximidad de juntas debido a "bombeo".- Contracción e hinchamiento de la subrasante.- Insuficiente espesor del pavimento frente a las cargas del tránsito.- Falta de sobreebancho y/o contaminación de las capas inferiores en la proximidad de los bordes del pavimento, o deficiente contención lateral (fisuras de bordes).- Retracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, envejecimiento u oxidación del asfalto, ligantes muy duros etc., particularmente ante ciclos frecuentes de gradientes térmicos.- Reflexión de grietas que acompañan movimientos de la base, particularmente la retracción de bases estabilizadas con ligantes hidráulicos y grietas en la losa de hormigón.- Contracción por desecación de los terraplenes o por asentamiento de estos y/o su fundación.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad basadas en el ancho promedio de cada fisura y el grado de ramificación:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 0,5 cm; sin signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes. En fisuras selladas, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria que no permite ingreso de agua. (Figura 54)- Medio (M): fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 0,5 cm; sin signos de descascaramiento o muy leve. En fisuras selladas de cualquier ancho, el material de sello está en condición insatisfactoria y permite ingreso del agua. (Figura 55) <p>Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, que evidencian algunos de los siguientes signos de degradación: moderado descascaramiento alrededor de sus bordes, ramificación en forma de fisuras erráticas finas (baja severidad) próximas a la fisura o intersecándolas. La fisura produce golpeteo a los vehículos por bordes levemente desnivelados.</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 106 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	<ul style="list-style-type: none"> - Alto (A): fisura de bordes severamente descascarados. (Figura 56) Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta. Provoca un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo por bordes significativamente desnivelados. 	
Medición	<p>Se miden en metros lineales registrando la longitud y severidad de cada una; si la fisura no presenta el mismo nivel de severidad en toda su extensión, debe registrarse separadamente cada porción con diferente grado de severidad. Se totaliza el número de metros lineales correspondientes a cada uno de los tres niveles de severidad, observados en la sección de pavimento evaluada.</p>	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - El número de fisuras puede aumentar notablemente con el tiempo. - El descascaramiento de los bordes favorece el desarrollo de agrietamientos tipo piel de cocodrilo alrededor de ellas. Si el proceso continúa, con la intervención del agua, se podrían formar baches. 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de la superficie con emulsión bituminosa.
	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con mortero asfáltico, asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. - Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica. - Recapado con mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según tránsito.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 107 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

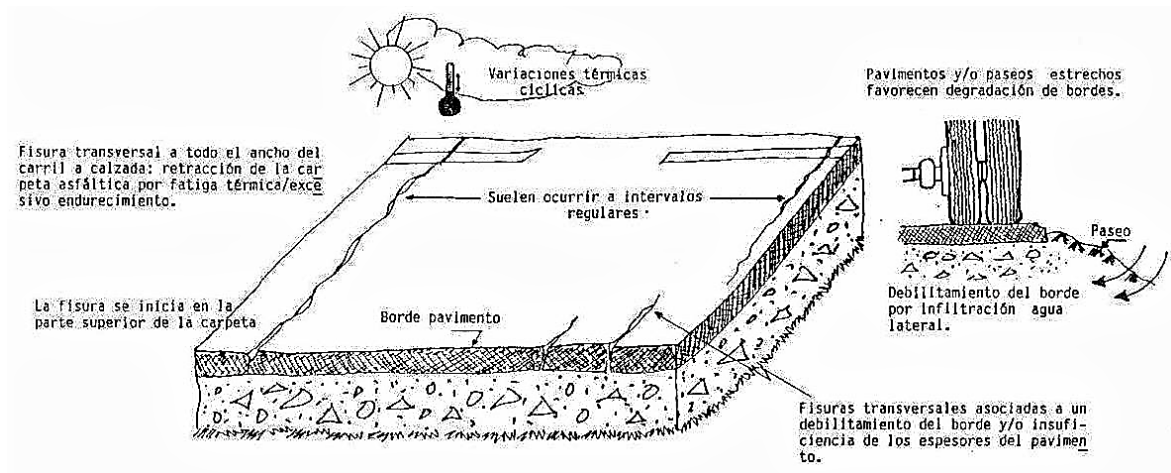


Figura 53: Esquema de falla por fisura transversal.⁵⁸



Figura 54: Fisura transversal con bajo nivel de severidad.⁵⁹

⁵⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁵⁹ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 108 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 55: Fisura transversal con nivel de severidad medio.⁶⁰



Figura 56: Fisura transversal con alto nivel de severidad.⁶¹

⁶⁰ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

⁶¹ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 109 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 24: Fisura en bloque

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisuras en bloque
Descripción	<p>Fragmentación del pavimento en segmentos con forma de bloques, desarrollado por la interconexión entre grietas y fisuras. El tamaño varía en un rango de alrededor de 0.9 m² hasta un máximo de 9 m². Cuando los bloques resultan de mayor tamaño son identificados generalmente como fisuras longitudinales y transversales.</p> <p>Se desarrollan en cualquier parte del pavimento, independientemente del tráfico.</p> <p>Se diferencia de las fisuras tipo “piel de cocodrilo” por el tamaño, ya que estas forman segmentos más pequeños, con numerosos lados y ángulos agudos.</p>
Posibles causas	<p>Este fenómeno no está directamente relacionado con las cargas de tránsito, aunque estas pueden incrementar su severidad. El origen está dado por la contracción térmica de la capa asfáltica. También pueden generarse por:</p> <ul style="list-style-type: none">- Material asfáltico inadecuado, por provisión o envejecimiento durante el manipuleo o servicio.- Exceso de relleno mineral.- Excesiva contracción de la mezcla asfáltica inducida por cambios de temperatura y/o humedad en la misma.- Mezcla asfáltica muy rígida, como consecuencia de un exceso de filler en la misma.- Reflexión de grietas originadas en una capa inferior debido a la retracción de bases estabilizadas hidráulicamente, fisuras múltiples en losas de hormigón o, eventualmente, por recapados delgados sobre pavimentos antiguos muy agrietados.- Espesor de pavimento inadecuado o baja capacidad de soporte de la subrasante.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles en función de la severidad de las fisuras que forman los bloques:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): los bloques están formados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Bajo. (Figura 58)- Medio (M): los bloques están formados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Medio. (Figura 59)- Alto (A): los bloques están formados predominantemente por fisuras transversales y longitudinales de nivel de severidad Alto. (Figura 60)
Medición	<p>Se miden en m² de superficie total afectada en la unidad o sección de pavimento evaluada. Normalmente se manifiestan con un único nivel de severidad. En el caso de observarse diferentes niveles de severidad, las áreas afectadas deben medirse y registrarse separadamente de acuerdo a su nivel severidad.</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 110 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Degradación de los bordes y ángulos que forman los paños o bloques, es decir, descascaramiento.- Aumento de número de grietas transversales, logrando un patrón de piel de cocodrilo.- Potencial formación de baches con el ingreso de agua.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	Si falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con emulsión bituminosa.
	Severidad media	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.- Sellado de la superficie con lechada asfáltica. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento de agregado pétreo (carreteras de TMA < 2000).- Sellado de la superficie con lechada asfáltica (carreteras de TMA < 2000).- Tratamiento superficial asfáltico doble/triple (carreteras de TMA < 2000).
	Alta severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica.- Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o caliente. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Trabajos de preparación previa + recapado con mezcla asfáltica en caliente.- Trabajos de preparación previa + recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente.- Colocación de geotextil + recapado delgado con mezcla asfáltica caliente.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 111 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

ESQUEMA

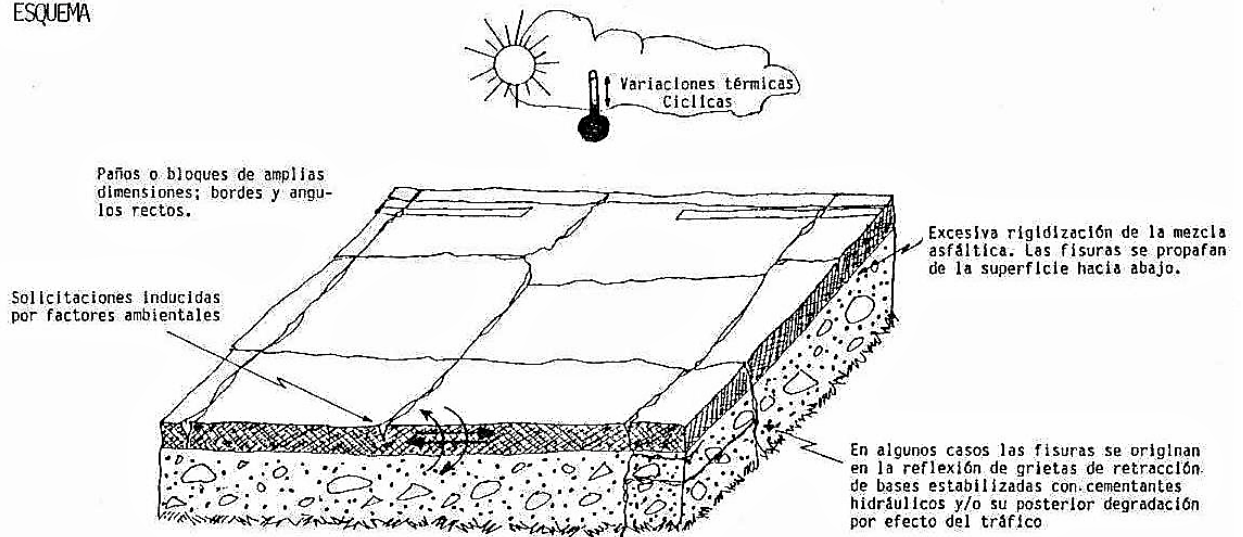


Figura 57: Esquema de fisura en bloque.⁶²



Figura 58: Fisuras en bloque con bajo nivel de severidad.⁶³

⁶² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁶³ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 112 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 59: Fisuras en bloque con nivel de severidad medio.⁶⁴



Figura 60: Fisuras en bloque con alto nivel de severidad.⁶⁵

⁶⁴ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

⁶⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 113 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 25: Fisuras tipo piel de cocodrilo

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisuras tipo piel de cocodrilo
Descripción	Fragmentación del pavimento formada por una serie de grietas/fisuras interconectadas entre sí, dando origen a pequeños segmentos irregulares con ángulos agudos y dimensiones inferiores a 30 cm. Este tipo de agrietamiento es considerado como un daño estructural importante, suelen ubicarse en áreas expuestas al tránsito, principalmente huellas de canalización, por ende, van acompañadas de ahuellamiento.
Posibles causas	<p>Tipo de falla asociado a la fatiga de las mezclas asfálticas sometidas a la repetición de cargas.</p> <p>La fisuración comienza en la parte inferior de la capa asfáltica, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo. Las fisuras se propagan hasta la superficie inicialmente con una o más fisuras paralelas; luego, por efecto de las repeticiones de cargas, progresan interconectándose, formando una malla cerrada semejante a la piel de cocodrilo.</p> <p>Algunos de los causantes de este tipo de falla son:</p> <ul style="list-style-type: none">- Insuficiencia de los espesores y resistencia del pavimento frente a las repeticiones de carga (deficiente diseño).- Pavimentos altamente deformables.- Subrasante con baja capacidad soporte.- Compactación deficiente en capas granulares o asfálticas.- Subdrenajes inadecuados en sitios aislados.- Reducción de la resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas como consecuencia de la deficiente calidad de los materiales, así como deficiencias en el proceso de elaboración y puesta en obra; degradación de mezclas susceptibles a la acción del agua por efecto de un drenaje superficial inadecuado.- Uso de ligantes muy duros.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad en función del grado de desarrollo de la falla:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): fisuras muy finas, menores de 0,15 cm de ancho, paralelas, con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan descascaramiento. (Figura 62)- Medio (M): fisuras muy finas a moderadas, de ancho menor de 0,5 cm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado descascaramiento en las intersecciones. (Figura 63)- Alto (A): la red de fisura ha progresado de formando una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos con descascaramiento de severidad moderada a alta a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimiento o ser desplazados a causa del tráfico. (Figura 64)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 114 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Medición	La piel de cocodrilo se registra en m ² de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en la concurrencia dos o hasta tres niveles de severidad en una misma falla; si estos niveles pueden ser diferenciados, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser diferenciados, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Ramificación progresiva del fenómeno en la superficie del pavimento.- Suelen ir acompañados de ahuellamiento y/o hundimientos.- Progresan en función de las condiciones del tráfico, las precipitaciones y el drenaje, pudiendo originar baches.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción, pero de ser necesario, se aplica sellado de la superficie afectada con emulsión bituminosa. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.- Sellado de la superficie con lechada asfáltica
	Severidad media	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Bacheo superficial; mezclas asfálticas en frío o caliente.- Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o caliente.- Bacheo profundo con reposición de base granular. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Trabajos de bacheo en función de las condiciones de cada caso específico.- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo.- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica.- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente.
	Alta severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Bacheo profundo con reposición de base granular.- Reposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Trabajos de bacheo (con preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente.- Trabajos de bacheo (con preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria

Código: TF – LM – 2020

Revisó: Ing. Quintana

Emisión: 24 de febrero de 2023

Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias

Revisión: 02

Página 115 de 422

DOCUMENTO CONTROLADO
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA

		- Composición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo.
--	--	--

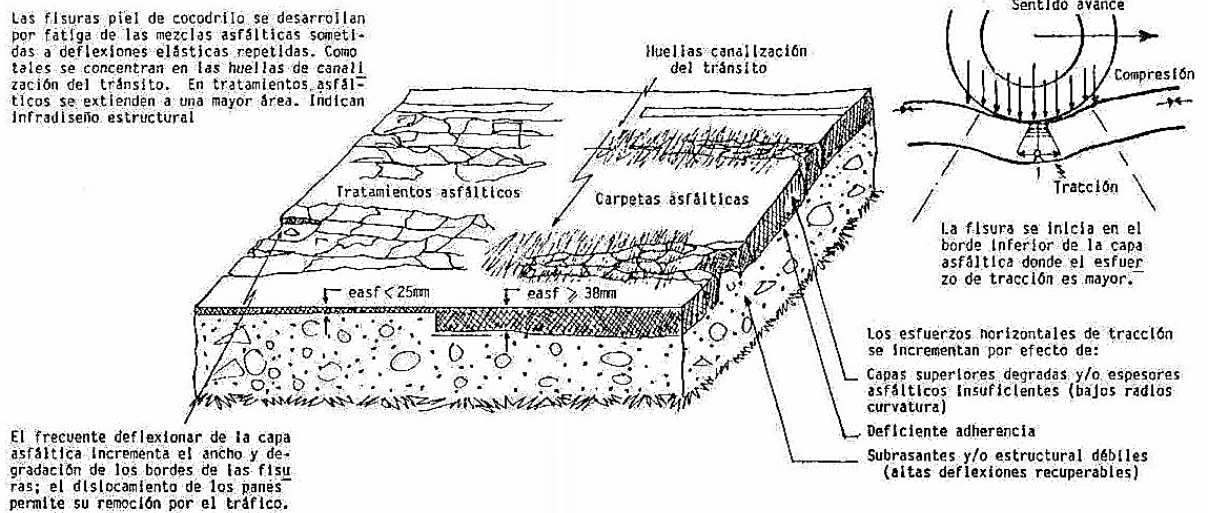


Figura 61: Esquema de fisuras tipo piel de cocodrilo. ⁶⁶

⁶⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 116 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 62: Fisura tipo piel de cocodrilo de baja severidad.⁶⁷

⁶⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 117 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 63: Fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media. ⁶⁸



Figura 64: Fisuras tipo piel de cocodrilo con alto nivel de severidad. ⁶⁹

⁶⁸ Fuente: Instituto Mexicano del transporte. (1991)

⁶⁹ Fuente: Daniel Eduardo González Morgado. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 118 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 26: Fisuras por Reflexión de Juntas

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisuras por Reflexión de Juntas
Descripción	<p>Se presentan solo en pavimentos mixtos conformados por una superficie asfáltica sobre losa de hormigón. Consisten en la proyección ascendente, a través de la capa asfáltica, de las juntas del pavimento de hormigón, como solución de continuidad de las losas subyacentes.</p> <p>Se excluyen de este grupo las grietas de reflexión de otros tipos de bases estabilizadas hidráulicamente; por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal.</p>
Posibles causas	<p>Esta falla es causada por el movimiento (horizontal y/o vertical) de la losa de hormigón, inducido por gradientes de temperatura o variaciones de humedad. Tales movimientos son resistidos por la mezcla asfáltica de la superficie; la celeridad con la que las fallas subyacentes se propaguen a través de la mezcla asfáltica depende de:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las distancias obtenidas a través de los procesos de dilatación y contracción de las losas en las juntas, como consecuencia de los cambios de temperatura y humedad.- Si bien el origen de estas fallas es independiente de las cargas de tráfico, el mismo acelera el proceso.- El espesor de la capa asfáltica superficial y/o la existencia de otros elementos de refuerzo o retardantes de la propagación de las grietas: refuerzo o aditivos en la mezcla, geotextiles, etc.- Inadecuada elección de liga.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad en función del ancho promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 0,5 cm; sin signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes; En fisuras selladas, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria que no permite ingreso de agua. (Figura 66)- Medio (M): fisuras sin sellar, de ancho promedio mayor de 0,5 cm; sin signos de descascaramiento o muy leve. En fisuras selladas o no, de cualquier ancho con material de sello en condición insatisfactoria que permite el ingreso del agua. (Figura 67) Fisura sellada o no, de cualquier ancho, que evidencian alguno de los siguientes signos de degradación: moderado descascaramiento o alrededor de sus bordes, ramificaciones en forma de fisuras erráticas finas de baja severidad, próximas a la fisura o intersecándolas. La fisura produce golpeteo al vehículo, por bordes levemente desnivelados.- Alto (A): fisura de bordes severamente descarados. Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta. Causa un fuerte balanceo o golpeteo al vehículo por bordes significativamente desnivelados. (Figura 68)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 119 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Medición	Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. Se identifica la longitud y severidad de cada fisura; si la fisura no se presenta en el mismo nivel de severidad en toda su extensión, debe registrarse separadamente cada tramo con diferente grado de severidad. Se totaliza el número de metros lineales, correspondientes a cada uno de los tres niveles de severidad.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Las cargas del tránsito pueden causar roturas del pavimento asfáltico cerca de la grieta. - Si el pavimento está fragmentado o descascarado, puede infiltrar el agua y provocar la desintegración de la mezcla asfáltica y/o la formación de baches. 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con emulsión bituminosa/ asfalto líquido.
	Severidad media	<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con emulsión bituminosa o asfalto líquido + arena.
	Alta severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con mortero asfáltico: asfalto líquido o emulsión + arena. - Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezcla asfáltica en frío o caliente.

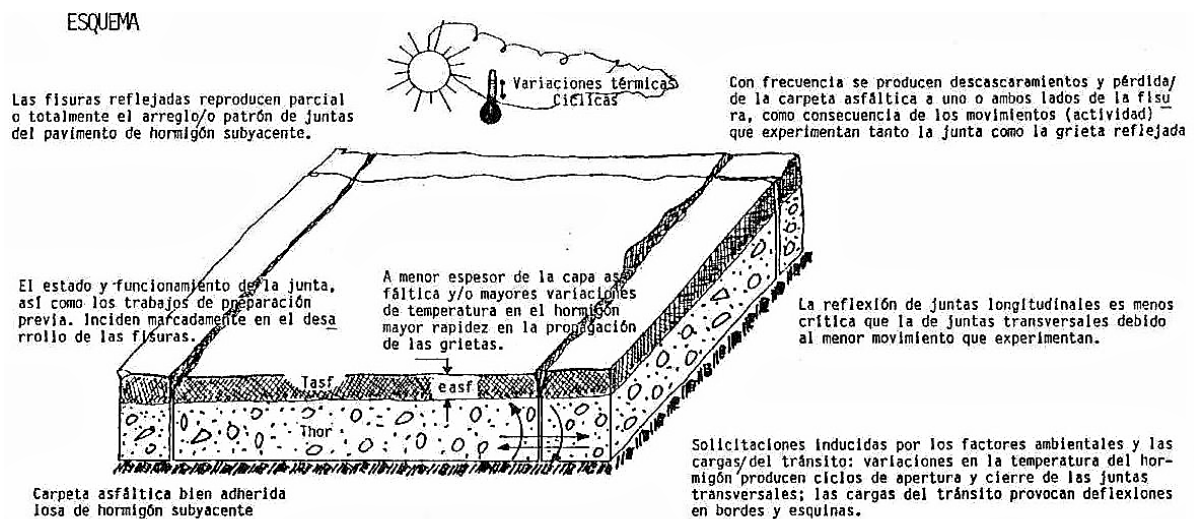


Figura 65: Esquema de reflexión de juntas.⁷⁰

⁷⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 120 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 66: Reflexión de juntas con baja severidad.⁷¹



Figura 67: Reflexión de juntas con un nivel medio de severidad. ⁷²

⁷¹ Fuente: Vázquez Varela. (2002)

⁷² Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 121 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 68: Reflexión de juntas con alto nivel de severidad. ⁷³

⁷³ Fuente: Vázquez Varela. (2002)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 122 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 27: Fisuras en Arco

Pavimento flexible: Fisuras y agrietamientos	
Designación	Fisuras en Arco
Descripción	<p>También conocidas como fisuras “parabólicas” o de “media luna”. Generalmente, tienen sus dos extremos apuntando en dirección al tránsito. Su ubicación coincide con las huellas de canalización en sectores de frenado o cambio de dirección. A veces se las denomina también “fisuras por resbalamiento” aludiendo al mecanismo que las produce.</p> <p>Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.</p>
Posibles causas	<p>Se producen cuando las fuerzas horizontales provocadas por el frenado o cambio de dirección de las ruedas del tránsito vehicular son suficientemente importantes como para producir deslizamientos y deformaciones en la capa asfáltica superficial.</p> <p>Esta situación se presenta por:</p> <ul style="list-style-type: none">- Deficiente adherencia en la interface capa asfáltica/base como consecuencia de la falta de riego de la liga, contaminación de polvo antes o durante su ejecución o por exceso de la dotación del ligante.- Deficiencia en la resistencia de esfuerzos tangenciales en la capa subyacente.- Inestabilidad en la mezcla asfáltica.- Los espesores de carpeta son muy reducidos y son colocados sobre una superficie fácilmente degradable como bases estabilizadas con ligantes hidráulicos o excesivamente pulida como pavimentos de hormigón.
Niveles de severidad	<p>En lineamientos generales, no es imprescindible definir niveles de severidad, pero pueden tomarse como referencia, para decidir la inmediatez con la que se debe actuar, Según Vanegas Miranda. 2012. Se puede adoptar la siguiente clasificación:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): para un ancho promedio de fisura menor a 1 cm. (Figura 70)- Medio (M): para un ancho promedio de fisura entre 1 y 3,8 cm, teniendo en cuenta si la fisura se encuentra con descascaramiento en sus bordes. (Figura 71)- Alto (A): para un ancho promedio de fisura mayor a 3,8 cm y con descascaramiento y desintegración (pedazos removibles) en el área alrededor de la fisura. (Figura 72)
Medición	<p>Se miden el total de m² de la superficie afectada dentro de la unidad o sección de pavimento evaluada.</p>
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Progresan rápidamente originando baches superficiales.- Por lo general se manifiestan localmente acompañadas de corrimientos y ondulaciones, características propias de mezcla asfáltica inestables.- Inicialmente se presentan como un conjunto de fisuras finas dispuestas paralelamente.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 123 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

	- Una vez que el deslizamiento de la mezcla ha tenido lugar, su evolución es muy rápida: se fractura el área alrededor de las grietas en trozos fácilmente removibles, que desaparecen rápidamente por acción del tránsito, dando lugar a un "bache".
Alternativas de mantenimiento	<p>No se definen niveles.</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción - Sellado de superficie afectada con emulsión bituminosa. - Sellado de fisuras con emulsión bituminosa o asfalto líquido <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo parcial de la capa asfáltica con mezcla asfáltica en caliente. - Escarificación de la carpeta asfáltica y reposición con mezcla asfáltica en caliente.

ESQUEMA

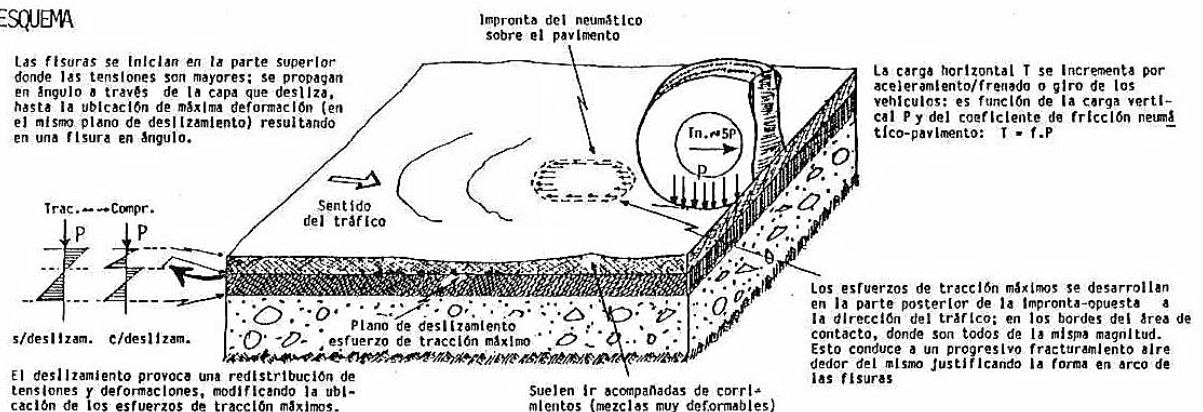


Figura 69: Esquema de fisuras en arco.⁷⁴

⁷⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 124 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



Figura 70: Fisuras en arco con bajo nivel de severidad.⁷⁵



Figura 71: Fisuras en arco con nivel medio de severidad⁷⁶.

⁷⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

⁷⁶ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 125 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 72: Fisuras en arco de alta severidad.⁷⁷

4.1.1.3. Desintegraciones

Tabla 28: Desprendimiento/Pérdida de Agregados

Pavimento flexible: Desintegraciones	
Designación	Desprendimiento/Pérdida de Agregados
Descripción	Pérdida de los agregados de la superficie de rodamiento, quedando en estado “suelto”, como consecuencia de la separación y desprendimiento del material fino o de la separación y pérdida del matic (ligante + fino) alrededor de la matriz de agregados. La superficie queda cada vez más expuesta a la acción abrasiva del tránsito y del clima, dando como resultado superficies más rugosas. Este deterioro ocurre frecuentemente en tratamientos asfálticos y mezclas en frío. Puede concentrarse en las huellas de canalización del tránsito.
Posibles causas	Esta patología surge si se da alguna o algunas de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de asfalto deficiente por inadecuada dosificación o construcción. - Acción del agua o inadecuado drenaje superficial. - Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico. - Acción de otros agentes como solventes, entre otros.

⁷⁷ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 126 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



	<ul style="list-style-type: none"> - Excesivo endurecimiento del bitumen debido a un inapropiado manipuleo como sobre calentamiento durante la elaboración de la mezcla asfáltica o su puesta en obra, por ejemplo: en riegos. - Inadecuada graduación de los agregados pétreos. - Falta de adherencia entre el bitumen y el agregado en presencia de agua debido al empleo de agregados hidrófilos, sucios (contaminados), y /o húmedos; o a la existencia de burbujas de aire atrapadas en el revestimiento asfáltico debido a errores en el proceso constructivo. - Oxidación del bitumen luego de un prolongado período de servicio, particularmente cuando los revestimientos con alto contenido de vacíos son expuestos a condiciones climáticas desfavorables: radiación solar y/o precipitaciones intensas. - Fractura de los agregados por efecto de las presiones aplicadas durante la compactación (puesto en obra) o por el tráfico vehicular durante el período de servicio, posibilitando que las partículas sueltas o parcialmente recubiertas sean levantadas por el tránsito. - Importantes solicitaciones tangenciales como curvas, rampas, etc. en combinación con algunos de los factores mencionados. 	
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): con signos de que el agregado pétreo y/o la mezcla asfáltica han comenzado a desprenderse. Aunque la superficie muestre cierto desgaste se mantiene firme y bien ligada. (Figura 74) - Medio (M): con desprendimiento significativo de material fino y/o mezcla asfáltica, dejando expuesto al agregado grueso. La superficie del pavimento presenta una textura abierta y rugosa. Suelen existir partículas sueltas o fácilmente disgregables. (Figura 75) - Alto (A): con desprendimiento generalizado del agregado que incluye la remoción del material grueso. La superficie del pavimento resulta muy irregular por la gran exposición del agregado grueso y por la frecuencia de “peladuras” o pequeñas cavidades distribuidas erráticamente con alto nivel de rugosidad y ruido. (Figura 76) 	
Medición	El desprendimiento/pérdida de agregados se mide en m ² de superficie afectada, registrando los datos separadamente, según el nivel de severidad identificado en cada caso.	
Potencial evolución	- Evoluciona a medida que aumenta la permeabilidad del revestimiento y oxidación del medio ligante. Este progreso suele ir acompañado de peladuras y baches superficiales alcanzando la completa desintegración del revestimiento.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar riego con emulsión bituminosa en toda la superficie.
	Severidad media	Si la falla está localizada:

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria

Código: TF – LM – 2020

Revisó: Ing. Quintana

Emisión: 24 de febrero de 2023

Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias

Revisión: 02

Página 127 de 422

DOCUMENTO CONTROLADO
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA



		<ul style="list-style-type: none">- Aplicar riego con emulsión bituminosa en toda la superficie.- Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento con arena.- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aplicar riego con emulsión bituminosa.- Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento con arena.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo superficial con mezcla asfáltica de frío o caliente.- Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento con arena.- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con material bituminoso y agregado pétreo.- Sellado de la superficie con lechada asfáltica en 1 o más aplicaciones.- Tratamiento superficial asfáltico doble o triple según el volumen de tránsito.- Recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente (carretera con TMDA>2000).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 128 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

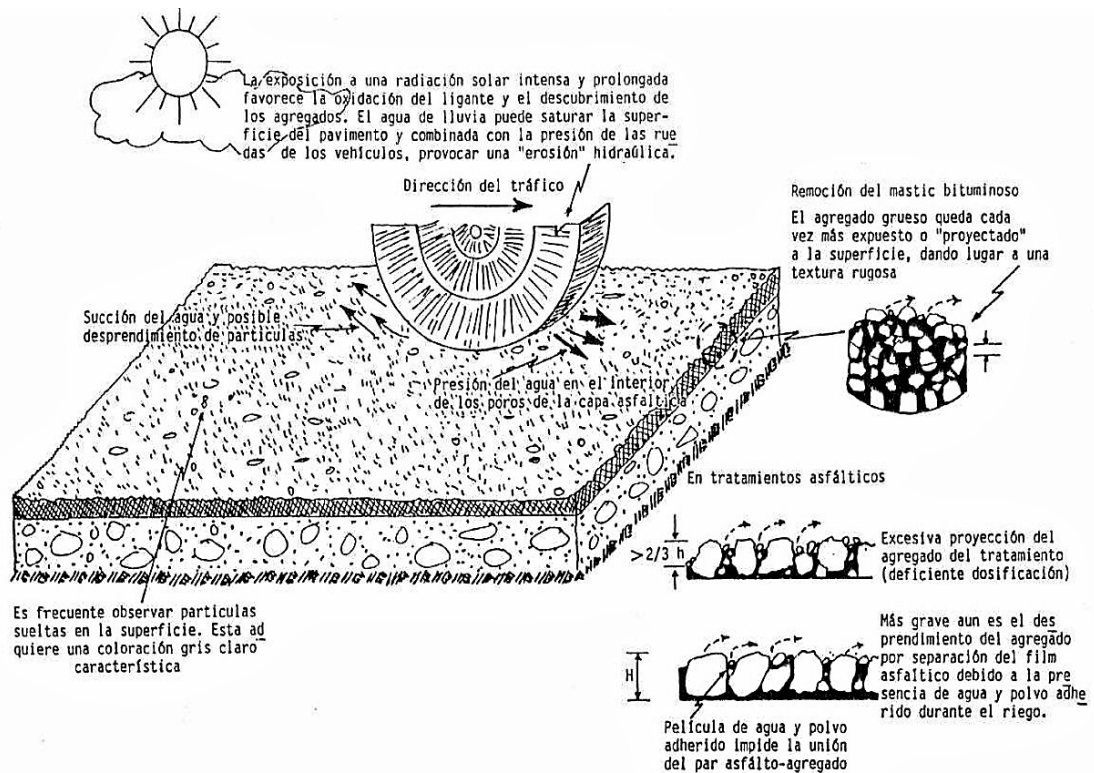


Figura 73: Esquema de desprendimiento/pérdida de agregado.⁷⁸



Figura 74: Desprendimiento/Pérdida de agregado con bajo nivel de severidad.⁷⁹

⁷⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁷⁹ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 129 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 75: Desprendimiento/pérdida de agregados de mediana intensidad.⁸⁰



Figura 76: Desprendimiento/pérdida de agregado de alta severidad.⁸¹

⁸⁰ Fuente: Laboret. (2015)

⁸¹ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 130 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 29: Desintegraciones por Peladuras

Pavimento flexible: Desintegraciones	
Designación	Desintegraciones por Peladuras
Descripción	<p>Desprendimiento de pequeñas placas o porciones de tratamientos superficiales, originando socavones o pequeñas cavidades en el pavimento, no relacionados con agrietamientos ni otros efectos estructurales. Habitualmente estas cavidades no sobrepasan los 1,5 a 2 cm de profundidad y su diámetro es menor de 15 cm. Cuando alcanzan mayores dimensiones en extensión y/o Profundidad se identifican como “baches”.</p> <p>Cada tratamiento superficial se realiza según la profundidad de la falla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lechadas (menor a 1 cm). - Microcarpetas (1 a 2 cm). - Capas de rodadura o carpetas (2 a 3 cm). - Sobrecapas o sobrecarpetas delgadas (3 a 5 cm).
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente limpieza previo al tratamiento superficial. - Distribución no uniforme del ligante. - Ligante inadecuado o mala dosificación del mismo. - Granulometría incorrecta de los agregados. - Muy reducido espesor de la superficie de rodamiento, inferior al mínimo constructivo requerido por el revestimiento, por una deficiente puesta en obra. - Inconvenientes o errores durante el proceso constructivo (reducida dotación de ligante, segregación de agregados, etc.) - Acción de agentes agresivos exógenos, tales como derrames de solventes y otros derivados del petróleo, que provocan el ablandamiento o fluidificación del bitumen y el consiguiente desprendimiento por acción del tránsito. - Escarificaciones provocadas por arrastre de elementos cortantes excesivamente abrasivos, tales como llantas metálicas, orugas, etc. o por solicitaciones tangenciales importantes como giro de aeronaves con neumáticos de alta presión sobre revestimiento delgados. - Envejecimiento del ligante. - El bitumen del revestimiento asfáltico de la superficie, sometido a altas temperaturas de servicio y tránsito pesado e intenso, se ablanda y adhiere a los neumáticos, posibilitando que estos “arranquen” parte del revestimiento.
Niveles de severidad	<p>No está definido concretamente niveles de severidad para este tipo de falla, pero se puede tomar como valores de referencia, según Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (2002), la proporción del área afectada respecto al área total:</p> <p style="text-align: center;">Bajo < 5% 5% < Medio < 30% 30% < Alto</p> <p>Ver Figura 78 y Figura 79.</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 131 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Medición	Las peladuras se miden en m ² de superficie de pavimento afectada.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Aumento del número y extensión de las peladuras; estas se convierten en “baches superficiales”.- La condición puede permanecer estable mucho tiempo: la evolución depende de que la causa que la provocó se mantenga activa.	
Alternativas de mantenimiento	No se definen niveles	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción.- Bacheo parcial en capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o en caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Trabajos de preparación previa y alguno de los siguientes tratamientos:<ul style="list-style-type: none">▪ Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de arena.▪ Sellado de la superficie con lechada asfáltica.▪ Tratamiento superficial bituminoso doble o triple según tránsito- Recapado con mezcla bituminosa en caliente (carreteras con TMDA 2000).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 132 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

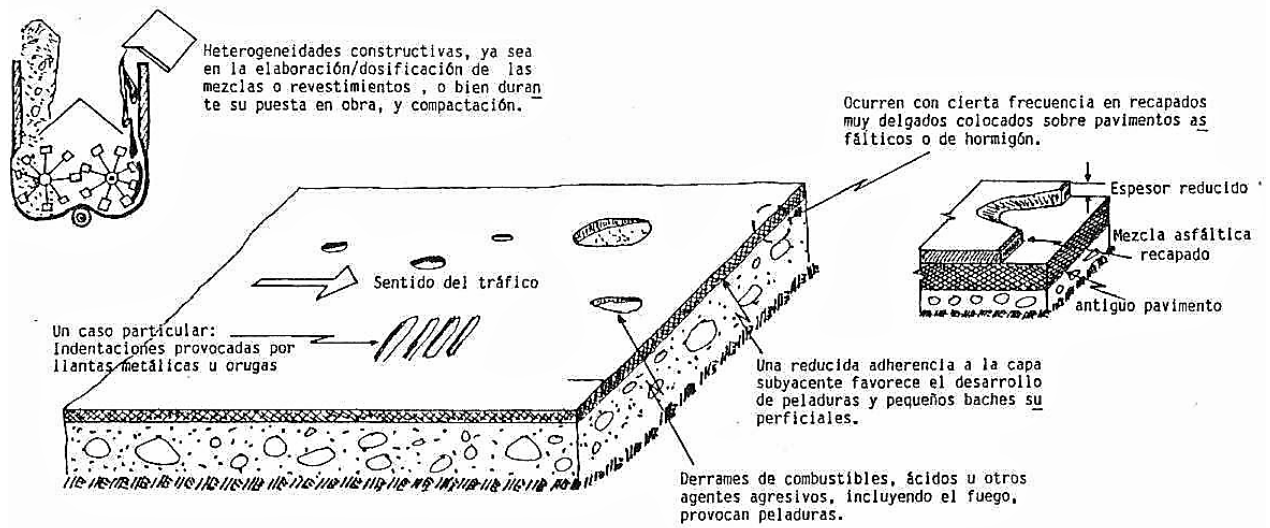


Figura 77: Esquema de desintegración por peladuras.⁸²



Figura 78: Desintegración por peladura.⁸³

⁸² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁸³ Fuente: Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 133 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 79: Peladura en tratamiento asfáltico.⁸⁴

⁸⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 134 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 30: Estrías longitudinales

Pavimento flexible: Desintegraciones			
Designación	Estrías longitudinales		
Descripción	Desintegración lineal del pavimento, formando uno o más “surcos” longitudinales, paralelos al eje de la vía. Este tipo de falla se presenta meramente en tratamientos asfálticos superficiales y riegos bituminosos, en coincidencia con la dirección del riego.		
Posibles causas	Procesos constructivos deficientes, en tratamientos asfálticos y riegos, como resultado de: <ul style="list-style-type: none">- Falta de solapes entre las fajas de trabajo, generando juntas longitudinales de material sin tratar.- Inadecuada altura de la barra de riego del camión distribuidor de asfalto o variación de este durante la operación de riego.- Deficiente funcionamiento de la barra de riego por obturación de los picos regadores.- Variaciones en el dosaje de agregados pétreos debido a su deficiente distribución y/o segregación durante el proceso constructivo.		
Niveles de severidad	El nivel de severidad está en función de las condiciones prevalecientes, según el Departamento de administración y evaluación de pavimentos (1990): <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): los surcos se aprecian por el cambio en la coloración de la superficie. Los desprendimientos son de nivel de severidad bajo y no se observan peladuras. (Figura 81)- Medio (M): los surcos muestran pérdida de la gravilla; su profundidad no sobrepasa los 6 mm. Los desprendimientos son de severidad baja y no se observan peladuras. (Figura 82)- Alto (A): los surcos son profundos y en algunos sectores comprenden todo el revestimiento con pérdidas de agregados gruesos y finos. Los desprendimientos son de severidad alta acompañados usualmente de peladuras. Son percibidos por los vehículos más livianos. (Figura 83)		
Medición	Se miden en m ² de superficie de pavimento afectada, midiendo y registrando las áreas agrupadas según su nivel de severidad.		
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Con el paso del tiempo, la superficie expuesta a la erosión comienza a formar baches y a desintegrarse.		
Alternativas de mantenimiento	<table border="1"><tr><td>Baja severidad</td><td>Si la falla está localizada:<ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción.Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:<ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción.- Aplicar riego con emulsión bituminosa en áreas afectadas.</td></tr></table>	Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción.- Aplicar riego con emulsión bituminosa en áreas afectadas.
Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- No se lleva a cabo ninguna acción. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción.- Aplicar riego con emulsión bituminosa en áreas afectadas.		

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 135 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aplicar riego con emulsión bituminosa en áreas afectadas.- Sellado de superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.- Sellado de superficie afectada con lechada asfáltica. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aplicar riego con emulsión bituminosa en toda la superficie.- Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de arena.- Sellado de superficie con lechada asfáltica.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo superficial con asfalto líquido o emulsión bituminosa + agregado pétreo.- Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones). <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Sellado de superficie con material bituminoso y agregado pétreo.- Sellado de superficie con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones).- Tratamiento superficial asfáltico doble o triple según el volumen de tránsito.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 136 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

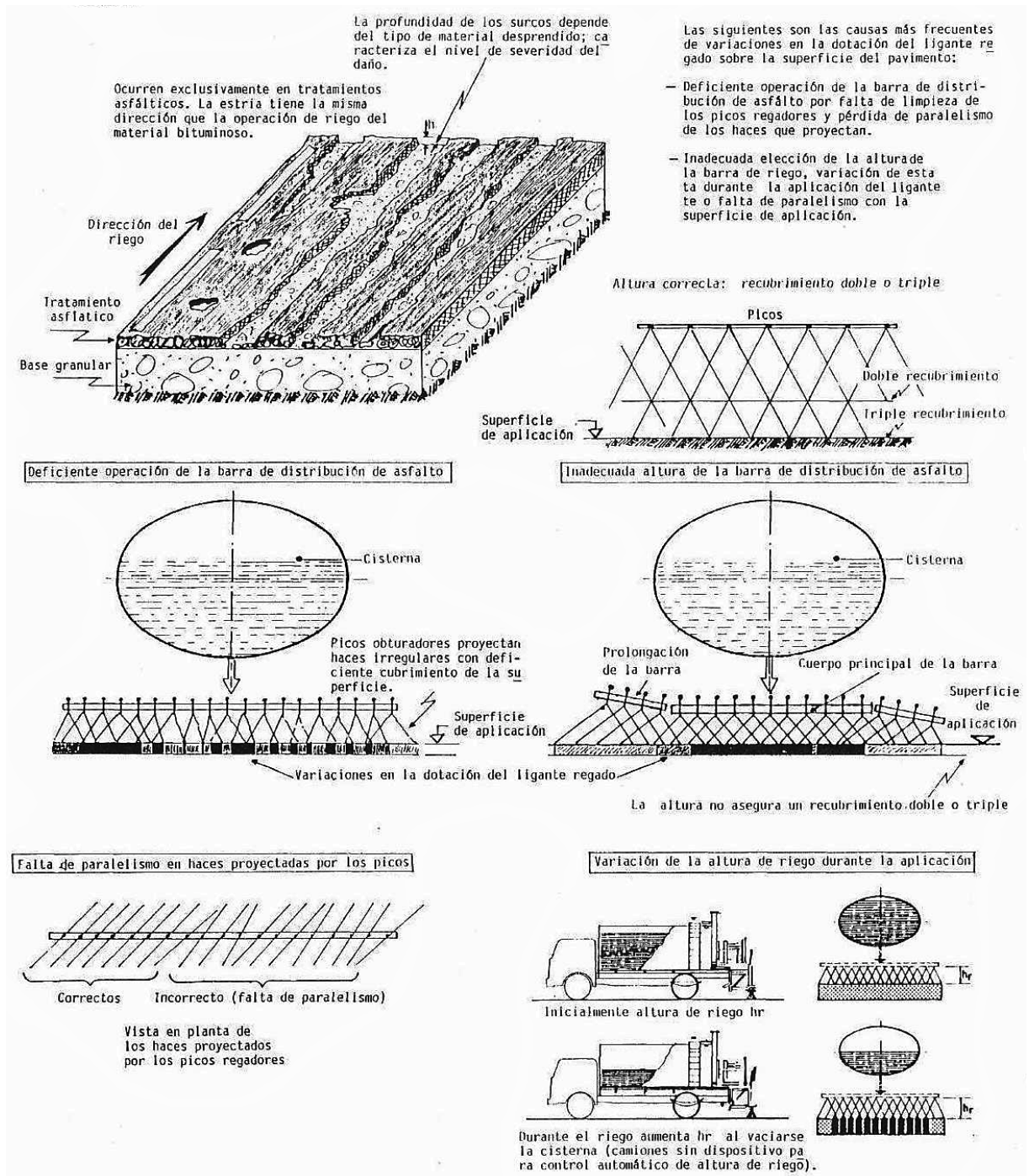


Figura 80: Esquema de desintegración por estrías longitudinales. ⁸⁵

⁸⁵ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
	Página 137 de 422
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



Figura 81: Estrías longitudinales de baja severidad.⁸⁶



Figura 82: Estrías longitudinales de severidad media.⁸⁷

⁸⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁸⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 138 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

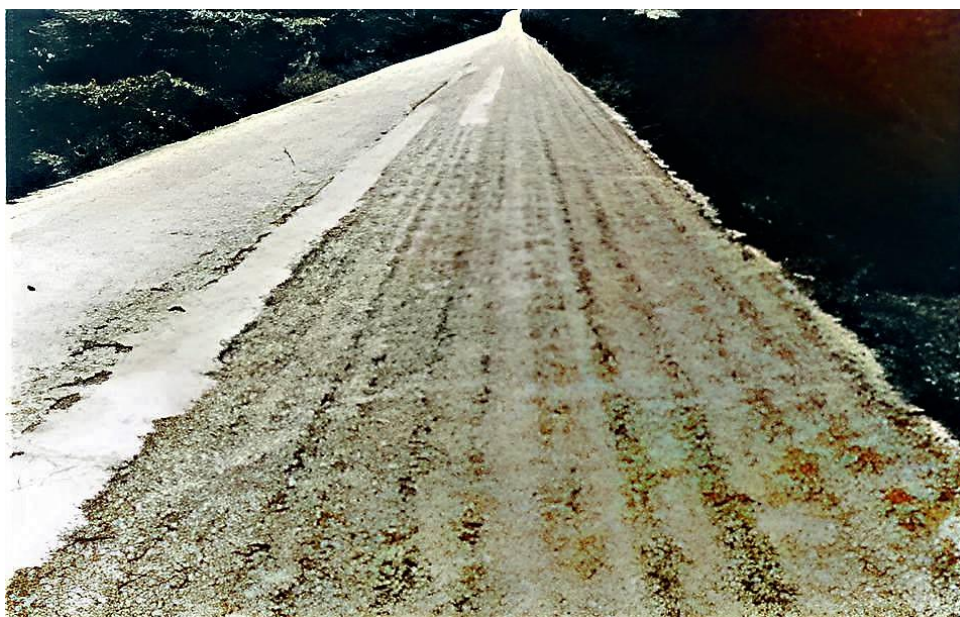


Figura 83: Estrías longitudinales de alta severidad. ⁸⁸

Tabla 31: Baches

Pavimento flexible: Desintegraciones	
Designación	Baches
Descripción	Desintegración total y levantamiento de la superficie del pavimento, formando una cavidad u oquedades, normalmente redondeadas, de bordes netos. Para ser considerada como bache debe tener al menos 15 cm de diámetro y en general nunca superan los 90 cm. Según su nivel de severidad, pueden extenderse hasta capas inferiores del pavimento. Son indicativos de falta de mantenimiento.
Posibles causas	El mecanismo ligado a la aparición de baches guarda relación con la evolución final de fisuraciones, peladuras, hundimientos, etc. Donde la superficie del pavimento se encuentra en estado disgregado, comienza una remoción de material originando el bache. En este proceso pueden intervenir los siguientes factores: <ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento en fallas preexistentes como piel de cocodrilo, fisuraciones, peladuras, etc. - Fundaciones y/o capas estructurales, particularmente bases de pavimentos, débiles e inestables.

⁸⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 139 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	<ul style="list-style-type: none"> - Inadecuado diseño del paquete estructural (espesores deficientes para el tráfico real). - Retención e infiltración de agua en áreas deprimidas, hundimientos, o agrietadas del pavimento. - Técnicas de construcción inapropiadas en la ejecución de los revestimientos asfálticos, riegos de imprimación y/o liga, compactación de las bases granulares, etc. - Uso de materiales y mezcla de calidad pobre por técnicas de control de calidad deficientes. - Tránsito sobre superficies dañadas con alto nivel de severidad, produciendo un debilitamiento total y la consiguiente desintegración de la mezcla asfáltica. 																			
Niveles de severidad	<p>El nivel de severidad está en función del área y profundidad del bache, de acuerdo a:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad máxima del bache</th> <th colspan="3">Diámetro promedio del bache (cm)</th> </tr> <tr> <th>De 15 a 25</th> <th>De 25 a 50</th> <th>Mayor de 50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor de 2,5 cm*</td> <td>B</td> <td>B</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>De 2,5 a 5 cm</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Mayor de 5 cm**</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Mayor probabilidad de ocurrencia en tratamientos superficiales. ** El bache ha progresado considerablemente en el interior de la base. Ver Figura 85, Figura 86 y Figura 87.</p>	Profundidad máxima del bache	Diámetro promedio del bache (cm)			De 15 a 25	De 25 a 50	Mayor de 50	Menor de 2,5 cm*	B	B	M	De 2,5 a 5 cm	B	M	A	Mayor de 5 cm**	M	M	A
Profundidad máxima del bache	Diámetro promedio del bache (cm)																			
	De 15 a 25	De 25 a 50	Mayor de 50																	
Menor de 2,5 cm*	B	B	M																	
De 2,5 a 5 cm	B	M	A																	
Mayor de 5 cm**	M	M	A																	
Medición	Se registra el número de baches de acuerdo a su nivel de severidad, por cada sección de pavimento inspeccionada.																			
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - A medida que progresa el deterioro del pavimento, los baches aumentan en profundidad, número y extensión. - El deterioro se acelera debido a la retención de agua en las cavidades abiertas y su infiltración a las capas inferiores, además del paso de vehículos. 																			
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío o en caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío o en caliente. - Bacheo superficial+ sellado de superficie. 																			

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 140 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío o en caliente.- Bacheo parcial en capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo superficial con mezcla en frío o en caliente.- Bacheo parcial en capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente.- Bacheo parcial + sellado de superficie.- Bacheo parcial + tratamiento superficial asfáltico o recapado delgado con mezcla asfáltica.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo parcial en capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente.- Bacheo profundo incluyendo reposición de base granular.- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones). <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Escarificación del revestimiento asfáltico con o sin recubrimiento de grava.- Bacheo profundo + tratamiento superficial asfáltico (carreteras TMDA 2000).- Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente.- Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 141 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

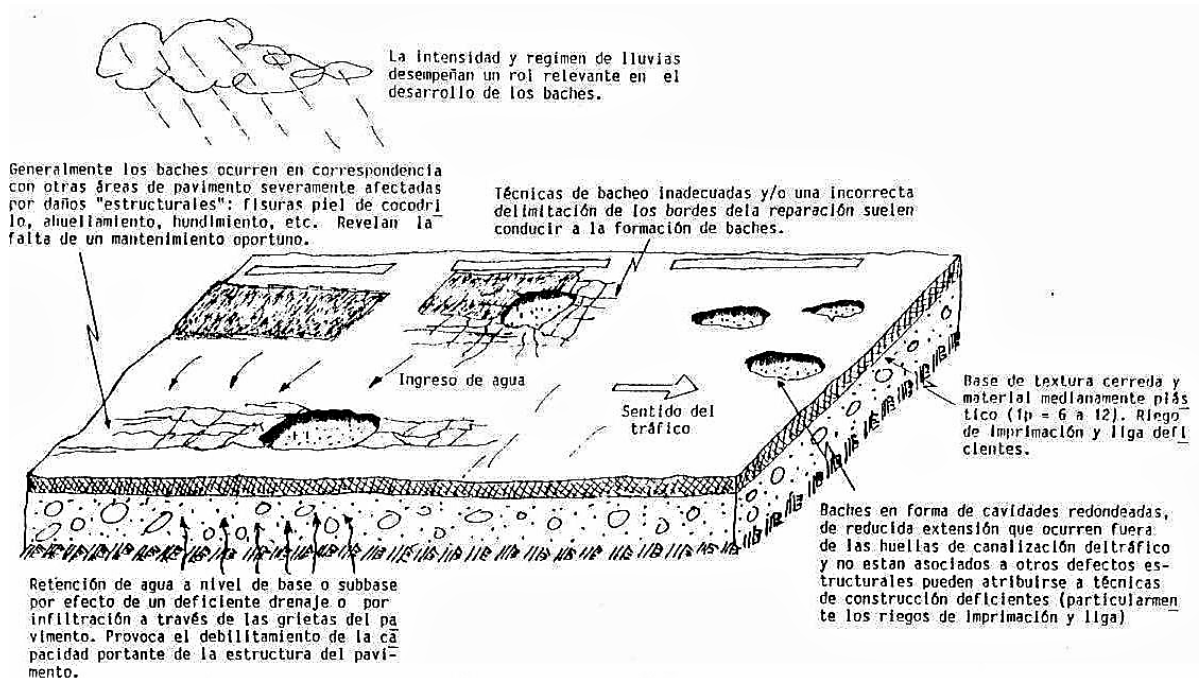


Figura 84: Esquema de desintegración por baches.⁸⁹



Figura 85: Desintegración por bache de baja severidad.⁹⁰

⁸⁹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁹⁰ Fuente: Miranda Rebolledo. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 142 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



Figura 86: Baches de mediana severidad.⁹¹



Figura 87: Baches de alta severidad.⁹²

⁹¹ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

⁹² Fuente: Rodas Montenegro & Ybarra Chauca. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 143 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 32: Rotura de Bordes/ Desnivel de pavimento

Pavimento flexible: Desintegraciones	
Designación	Rotura de Bordes/ Desenivel de pavimento
Descripción	<p>Progresiva destrucción por fisuras, desintegración, pérdida de la mezcla o del tratamiento asfáltico en los bordes de la calzada en dirección paralela al eje de la misma; generalmente se encuentran a a 30 y 60 cm respecto del exterior del pavimento. Al presentar irregularidades en sus bordes, no solo se reduce el ancho efectivo de circulación, sino que también puede exponerse parte de la base del pavimento.</p> <p>Se manifiesta con mayor frecuencia en caminos con banquetas no pavimentadas.</p> <p>Además, puede presentar cierto desnivel entre el pavimento que conforma la calzada y la banquina, originando situaciones de riesgo para el tránsito. El borde interior de las curvas horizontales es susceptible a la formación de desniveles, debido a la frecuencia con que las ruedas de los vehículos pesados actúan sobre las banquetas.</p>
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Acción del tránsito. - Ancho de calzada reducido. - Deficiente compactación o falta de sobrecarga de las capas estructurales del pavimento. - Debilitamiento por condiciones climáticas. - Deficiente confinamiento lateral por falta de banquina. - Retención de agua en las banquetas o bordes de calzada como consecuencia de un deficiente mantenimiento. - Frecuente ascenso y descenso de vehículos desde la banquina no pavimentada. - Sobrecarpetas que se extienden hasta el borde del carril, quedando en desnivel con la banquina, donde comienza esta patología con el inicio de fisuras provocadas por el paso de vehículos en esa zona. - Existencia de arenas angulares provenientes de las banquetas o áreas contiguas al pavimento, que aumentan la abrasión de los neumáticos de los vehículos que transitan por la calzada próxima al borde o ascienden desde las banquetas. - Acción directa o indirecta del tránsito sobre un material granular muy disgregable o inestable por erosión superficial. - Asentamiento de la banquina. - Mantenimiento inapropiadas. - Construcción de recarpados u otras obras de rehabilitación sin ajustar el nivel de banquetas.
Niveles de severidad	<p>Se definen de acuerdo al estado del pavimento en los 0.50 m contiguos al borde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): se observan fisuras longitudinales paralelas al borde, interconectadas entre sí; alternativamente pueden ocurrir desprendimientos severos. El borde se conserva aún íntegro. (Figura 89)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 144 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	<p>Ante la existencia de desnivel: la diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la banquina se encuentra entre 2,5 y 5,0 cm; la probabilidad de recuperación del control del vehículo, en maniobras de emergencia es satisfactoria.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medio (M): se observan fisuras piel de cocodrilo de severidad baja a alta y pueden faltar pequeños trozos del aglomerado como consecuencia de la acción del tráfico, provocando pequeñas irregularidades en el borde. (Figura 90) <p>Ante la existencia de desnivel: la diferencia de nivel es de 5 a 10 cm. La probabilidad de recuperación del control del vehículo sin invadir el carril contrario es aceptable si la velocidad de operación es menor de 60 km/h.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alto (A): se observa una considerable desintegración de los bordes de la calzada donde importantes trozos de aglomerado han sido removidos por el tráfico, por lo que el borde resulta serpenteante y el ancho de calzada reducido. (Figura 91) <p>Ante la existencia de desnivel: la diferencia de nivel es mayor de 10 cm. La recuperación del control del vehículo es prácticamente imposible a cualquier velocidad.</p>
Medición	Las roturas de borde se miden en metros lineales, registrando separadamente las longitudes afectadas, según el nivel de severidad, por cada sección de pavimento inspeccionada.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - La destrucción del borde progresa hacia el interior de la calzada, reduciendo su ancho efectivo. - Si la base es inestable y las condiciones de drenaje superficial deficientes, evolucionan rápidamente en profundidad, tornando la circulación del tránsito aún más peligrosa.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de conservación y drenaje superficial de las banquetas. <p>En caso de desnivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escarificación y recubrimiento con grava de las banquetas no pavimentadas. - Tratamiento superficial asfáltico o recapado de las banquetas pavimentadas con mezcla asfáltica.
	<p>Severidad media</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío o en caliente. - Bacheo parcial en capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente. <p>En caso de desnivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reparación y mantenimiento de banquetas - Bacheo superficial nivelante de las banquetas pavimentadas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 145 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



		<p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Verificar estado de conservación y drenaje superficial de las banquetas y adoptar alguno de los tratamientos alternativos siguientes, incluyendo trabajos de preparación, según necesidades:<ul style="list-style-type: none">▪ Sellado de superficie en los bordes con material bituminoso.▪ Sellado de superficie en los bordes con lechada asfáltica.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bacheo parcial en la capa asfáltica con mezcla en frío o en caliente.- Bacheo profundo incluyendo reposición base granular. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mejorar el estado de conservación y drenaje superficial de las banquetas en combinación con algunas de las técnicas precedentes.- Escarificación del pavimento existente en bordes y reconstrucción con base granular y carpeta o tratamiento superficial asfáltico.- Escarificación del pavimento existente en bordes y reconstrucción incluyendo la pavimentación de las banquetas. <p>En caso de desnivel:</p> <ul style="list-style-type: none">- Escarificación y recubrimiento con grava de banquina no pavimentada.- Escarificación y revestimiento.- Construcción de base granular y tratamiento asfáltico.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 146 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

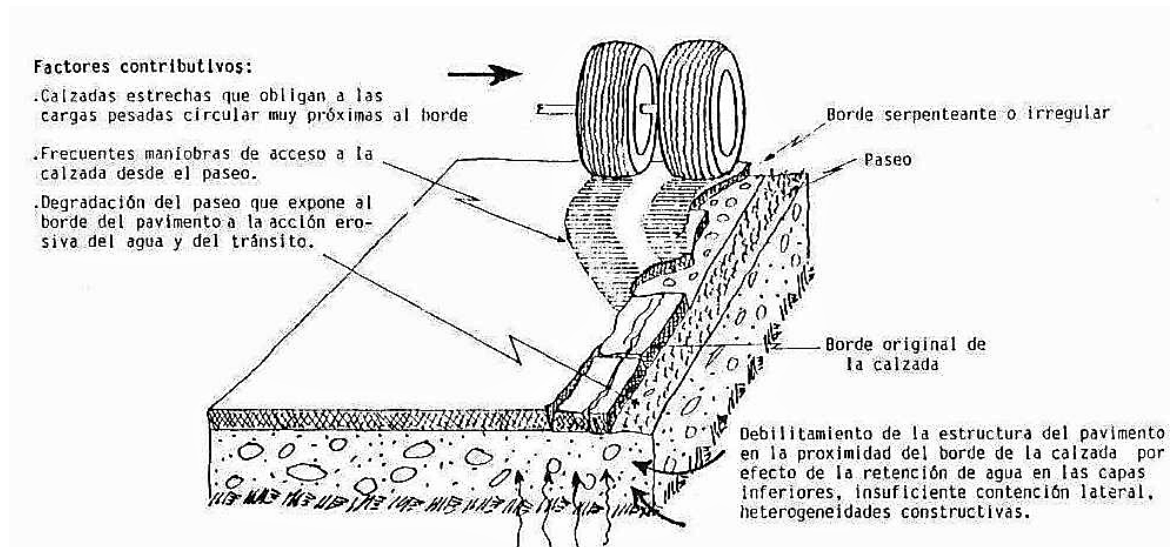


Figura 88: Esquema de desintegración por rotura de bordes. ⁹³



Figura 89: Grieta de borde de baja severidad. ⁹⁴

⁹³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁹⁴ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 147 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 90: Desintegración de bordes de mediana severidad. ⁹⁵



Figura 91: Desintegración de borde con alta severidad. ⁹⁶

⁹⁵ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

⁹⁶ Fuente: Daniel Eduardo González Morgado. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 148 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 33: Pulimento de la superficie

Pavimento flexible: Desintegraciones	
Designación	Pulimento de la superficie
Descripción	Área del pavimento donde el agregado del mismo pierde la rugosidad, reduciendo considerablemente la adherencia entre el pavimento y los neumáticos del vehículo. Efecto que provoca una disminución de la función o resistencia al deslizamiento que puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. Si la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo.
Posibles causas	Este daño es causado principalmente por la repetición de cargas de tránsito, y los factores sumados a dicho proceso pueden ser: <ul style="list-style-type: none">- Baja resistencia al desgaste del agregado pétreo que compone el pavimento.- Compactación excesiva.- Mezcla asfáltica de calidad pobre que favorece la exposición de los agregados, en particular cuando se combina con alguno de los factores mencionados.- Agregados no apropiados para la intensidad de tránsito real.- En tratamientos superficiales, hundimiento del agregado grueso en el cuerpo de la carpeta o en la base.
Niveles de severidad	No se define ningún nivel de severidad, aunque si el número de puntos de contacto con el agregado sobre la superficie es muy reducido y esta se presenta suave al tacto, el nivel de pulimento es significativo; por lo que debe ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto
Medición	Se mide en m ² de superficie de pavimento afectada.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- La destrucción del borde progresa hacia el interior de la calzada, reduciendo su ancho efectivo.- Si la base es inestable y las condiciones de drenaje superficial deficientes, evoluciona rápidamente en profundidad, tornando peligrosa la circulación del tránsito.
Alternativas de mantenimiento	No se definen niveles de severidad <ul style="list-style-type: none">- Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total).- Tratamiento superficial asfáltico.- Carpeta asfáltica friccionante.- Recapado delgado con concreto asfáltico.- Fresado y sobrecarpeta

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 149 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

ESQUEMA

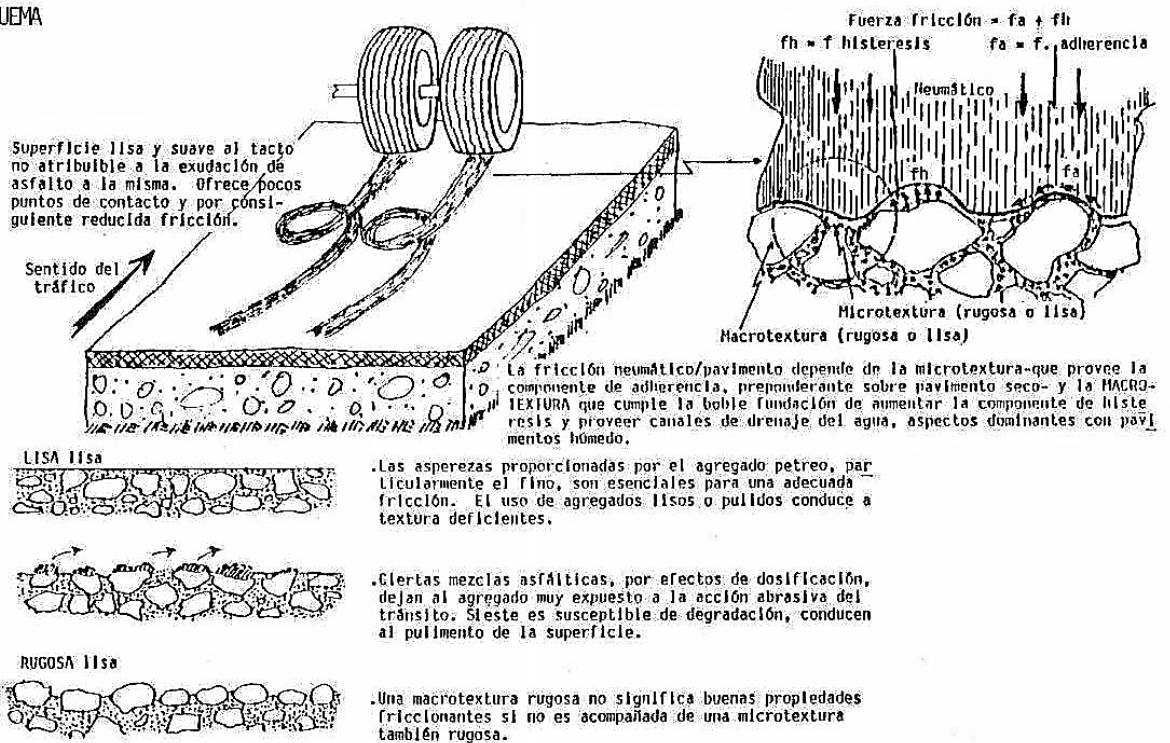


Figura 92: Esquema desintegración por pulimento de agregado.⁹⁷

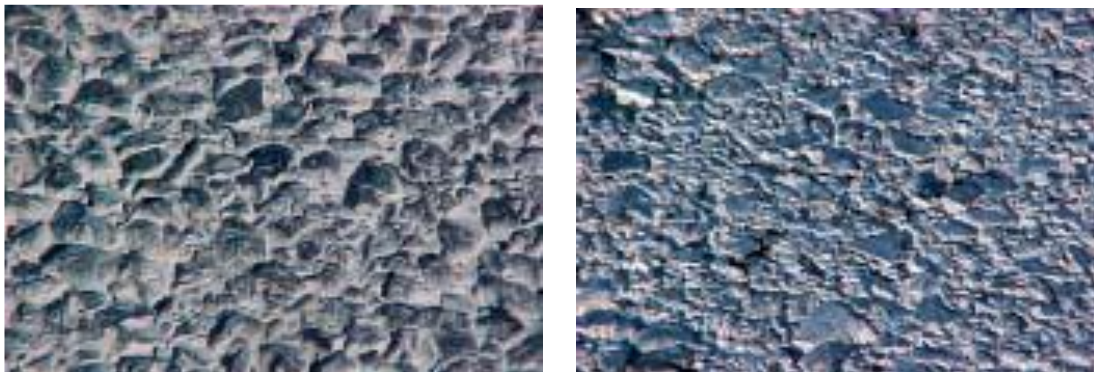


Figura 93: Pulimiento de agregados.⁹⁸

⁹⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

⁹⁸ Fuente: Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 150 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.1.4. Otras fallas

Tabla 34: Exudación de asfalto

Pavimento flexible: Otros modos de falla	
Designación	Exudación de asfalto
Descripción	Ascenso del material asfáltico a la superficie del pavimento, hasta formar una película de ligante o mezcla asfáltica. La superficie se torna resbaladiza, pegajosa y brillante con el tiempo. Este proceso es irreversible.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso de material asfáltico en mezcla, tratamiento o riego. - Excesiva compactación de mezclas ricas. - Bitumen muy blando para condiciones de servicio desfavorables: tránsito pesado intenso o altas temperaturas en el pavimento. - Insuficiencia en el contenido de vacíos porque el asfalto rellena los vacíos de la mezcla.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad de acuerdo a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): se hace visible el oscurecimiento de la superficie por exudaciones aisladas de asfalto. (Figura 95) - Medio (M): exceso de asfalto libre sobre la superficie formando una película continua en huellas de canalización del tránsito. La superficie se torna adhesiva en días cálidos. (Figura 96) - Alto (A): cantidad significativa de asfalto libre en la superficie dando un aspecto húmedo, de intensa coloración negra. Superficie muy pegajosa o adhesiva. (Figura 97)
Medición	La exudación de asfalto se mide en m ² de superficie afectada, registrando separadamente según su nivel de severidad.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la severidad y extensión de las áreas exudadas, tornando peligrosa la circulación por el riesgo de deslizamiento, incrementado ante lluvias intensas o frecuentes.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción.
	<p>Severidad media</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción, pero se vigila la evolución del problema.
	<p>Alta severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie. - Bacheo parcial en capa asfáltica. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie. - Quemar exceso de asfalto y aplicar un sellado bituminoso con asfalto líquido y recubrimiento arena o lechada asfáltica (carreteras de TMDA < 2000).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 151 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

		<ul style="list-style-type: none"> - Quemar exceso de asfalto y aplicar un tratamiento superficial asfáltico (carreteras de TMDA < 2000). - Quemar exceso de asfalto y recapado con mezcla asfáltica (carreteras de TMDA < 2000).
--	--	---

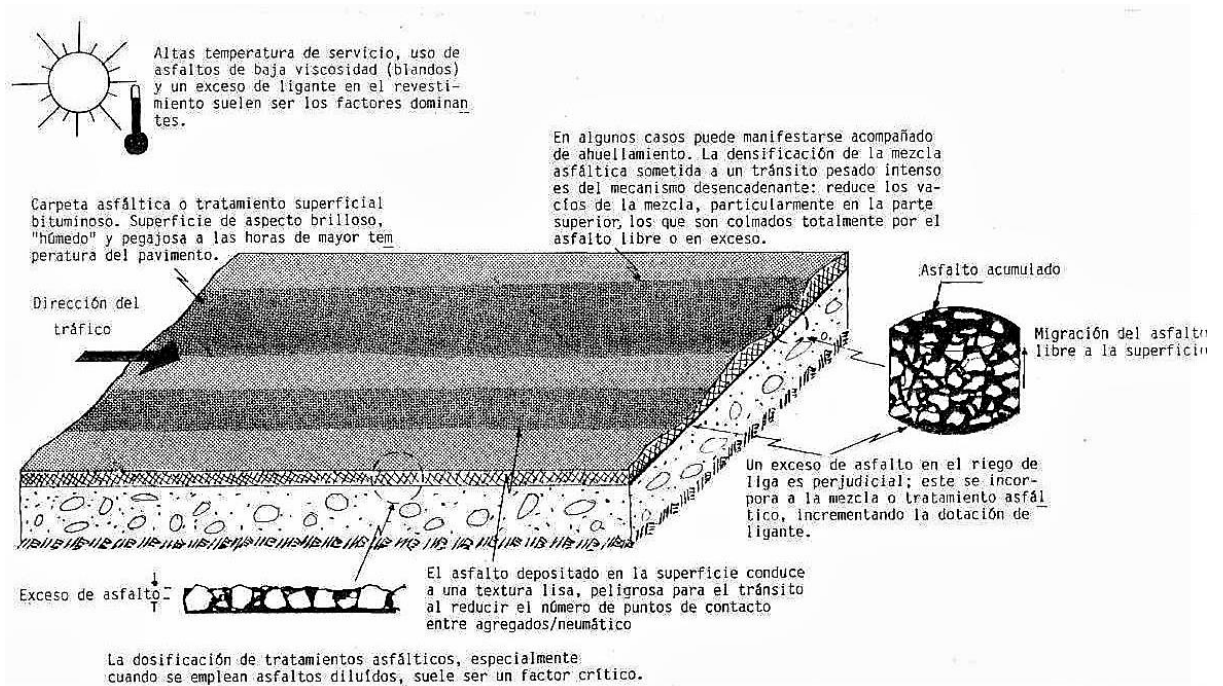


Figura 94: Esquema de falla por exudación de asfalto. ⁹⁹

⁹⁹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 152 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 95: Exudación de baja severidad. ¹⁰⁰



Figura 96: Exudación del asfalto con mediana severidad. ¹⁰¹

¹⁰⁰ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

¹⁰¹ Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 153 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 97: Exudación del asfalto de alta severidad.¹⁰²

¹⁰² Fuente: Corredor M. & Corros B. (2010)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 154 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 35: Exudación de agua y Bombeo

Pavimento flexible: Otros modos de falla	
Designación	Exudación de agua y Bombeo
Descripción	<p>Remoción del material de fundación a través de los puntos más débiles como fisuras, grietas, etc., originado por el ascenso del agua capilar.</p> <p>El agua es forzada a través de las grietas y poros debido a la presión que genera las cargas de tránsito, acción que causa una erosión del material fino. La disposición final de este material puede causar leves depresiones o, por el contrario, levantamientos.</p> <p>El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie, además de las deposiciones de material fino y puede ocurrir en sentido longitudinal, en los bordes de la carretera.</p>
Posibles causas	<p>Falla asociada con la acumulación de agua en las capas superiores del pavimento. El ascenso a la superficie puede ser originado por capilaridad o por la presión ejercida a través de las cargas de tránsito. Este proceso puede darse por:</p> <ul style="list-style-type: none">- Agua atrapada en una capa relativamente porosa entre dos capas impermeables.- Deficiencia de drenaje y subdrenaje.- Inadecuada compactación.- Sellante pobre de juntas.- Desplazamiento del agua interior del pavimento, por aumento de presión, como consecuencia de variaciones térmicas.- Exceso de finos.- Desplazamiento del agua a través de áreas con compacidad débil; por ejemplo: juntas de borde de calzada, áreas agrietadas, superficies de contacto entre capas sucesivas, etc.
Niveles de severidad	<p>No se definen niveles de severidad. Basta con indicar la existencia de esta falla. El momento más oportuno para comprobar su existencia, es luego de una lluvia prolongada o intensa.</p>
Medición	<p>Se mide en m² la superficie de pavimento afectada.</p>
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Pérdida de la capacidad soporte por la erosión del material a través del tiempo.- Destrucción progresiva del pavimento bajo carga.- Desprendimiento de agregado, formación de baches, etc.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 155 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

<p>Alternativas de mantenimiento</p>	<p>No se definen niveles de severidad</p>	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se realiza ninguna acción salvo mejorar el drenaje. - Bacheo parcial en capa asfáltica con mezcla en frío o caliente. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se lleva a cabo ninguna acción salvo mejorar el drenaje. - Sellado de la superficie con material bituminoso y arena, previa mejora del drenaje. - Escarificación del revestimiento asfáltico y capas superiores. - Reconstrucción parcial del pavimento con base granular y carpeta o tratamiento superficial asfáltico.
--------------------------------------	---	---

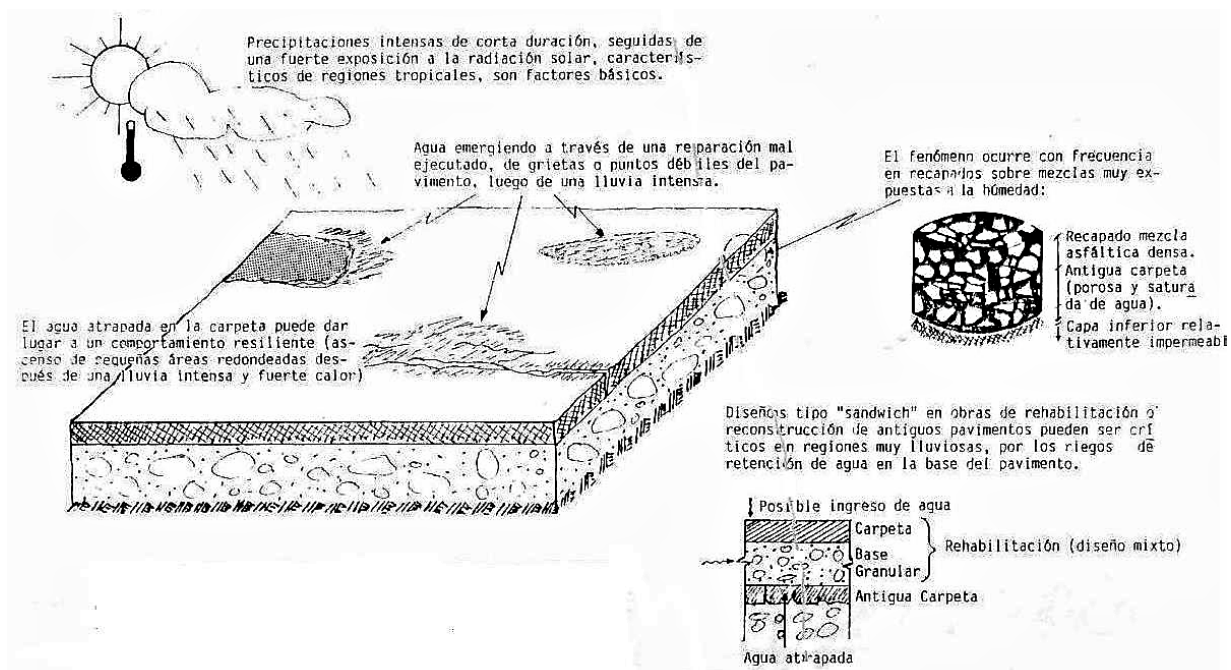


Figura 98: Esquema de falla por exudación de agua y bombeo.¹⁰³

¹⁰³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

<p>Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria</p>	<p>Código: TF – LM – 2020</p>	
<p>Revisó: Ing. Quintana</p>	<p>Emisión: 24 de febrero de 2023</p>	
<p>Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias</p>	<p>Revisión: 02</p>	<p>Página 156 de 422</p>
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>		



Figura 99:Falla por exudación de agua y bombeo. ¹⁰⁴



Figura 100: Falla por exudación de agua y bombeo.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Fuente: Grupo BITAFAL. (2017)

¹⁰⁵ Fuente: Vázquez Varela. (2002)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 157 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 36: Bacheo y reparaciones

Pavimento flexible: Otros modos de falla	
Designación	Bacheo y reparaciones
Descripción	<p>El bacheo es una de las acciones más comunes en la reparación de fallas localizadas en pavimentos. Es entendido como la remoción y reposición de una sección de pavimento severamente dañada o el relleno de fallas como disgregaciones, grietas, fisuras, ahuellamientos, hundimientos, etc. La duración de una reparación por bacheo dependerá del tipo de falla, causa y tipo de bacheo.</p> <p>Un caso particular y relativamente frecuente, es la apertura y reposición del pavimento para la instalación o mantenimiento de algún servicio público.</p> <p>Existen distintos tipos como bacheos superficiales, profundos, de carpeta, de emergencia, etc.</p> <p>Sin importar su comportamiento, el bacheo es considerado como una falla.</p>
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación de daños que han alcanzado niveles de severidad inaceptables. - Reparación de servicios públicos localizados bajo el pavimento. - Corrección de reparaciones defectuosas.
Niveles de severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): el área reparada se comporta satisfactoriamente con muy poco o ningún deterioro. (Figura 102) - Medio (M): el área reparada se encuentra algo deteriorada; las fallas observadas en su superficie son de nivel de severidad baja o media. (Figura 103) - Alto (A): el área reparada se encuentra severamente dañada y requiere reemplazo a muy corto plazo. (Figura 104)
Medición	<p>Se miden en m² de superficie afectada, midiendo y registrando separadamente estas, de acuerdo al nivel de severidad. En una misma reparación se pueden diferenciar áreas con diferente nivel de severidad. Los daños localizados en el interior de las bacheadas no se reportan como fallas independientes, sino que son consideradas para establecer el nivel de severidad del bacheo.</p>
Potencial evolución	<p>Los daños evolucionan dentro del área del bacheo, culminando en la rotura de la reparación dando lugar a un bache. Con frecuencia se acelera también el deterioro del área de pavimento contiguo, principalmente por permitir el ingreso de agua.</p>
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar.
	<p>Severidad media</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción. - Sellado de fisuras con material bituminoso. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 158 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de fisuras con material bituminoso. - Sellado de la superficie con asfalto líquido y arena o lechada asfáltica.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo parcial en capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o en caliente. - Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. - Ambas técnicas a aplicar como sustitución de las reparaciones existentes - Bacheo parcial en capa asfáltica con mezclas asfálticas en frío o en caliente. - Sellado de fisuras con material bituminoso. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo según las necesidades específicas de cada caso. - Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico. - Mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo en combinación con alguna de las técnicas precedentes.

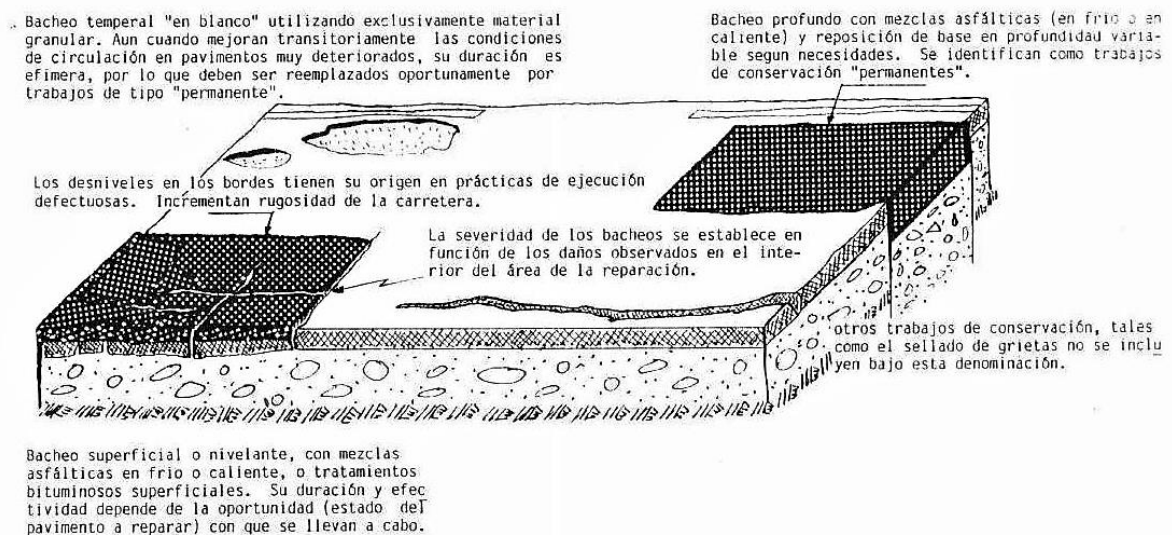


Figura 101: Esquema de bacheo.¹⁰⁶

¹⁰⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 159 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 102: Bacheo de baja severidad.¹⁰⁷



Figura 103: Bacheo de severidad media.¹⁰⁸

¹⁰⁷ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

¹⁰⁸ Fuente: Vanegas Miranda. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 160 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 104: Bacheo de alta severidad. ¹⁰⁹

¹⁰⁹ Fuente: Suppo Verónica. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 161 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.2. Pavimentos rígidos

A continuación, se presentan 16 de las fallas características de pavimentos rígidos, estas son agrupadas en cuatro categorías:

- Defectos de superficie:
 - Descascaramiento
 - Desprendimientos o peladura
 - Pulimento superficial
 - Fisura plástica o contracción
- Defectos estructurales:
 - Fisura longitudinal
 - Fisura transversal y/o diagonal
 - Fisura en esquina
 - Fisura múltiple
 - Rotura o bache
 - Defecto por bombeo
 - Escalonamiento
 - Hundimiento
 - Levantamiento
 - Estallidos por compresión
- Defectos de juntas:
 - Deficiencia en el material de sello
 - Defecto en juntas por descascaramiento
- Otras fallas

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 162 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.2.1. Defectos de superficie

Tabla 37: Descascaramiento

Pavimento rígido: Defectos de superficie	
Designación	Descascaramiento
Descripción	Desprendimientos de fragmentos de hormigón, de diversos tamaños, ubicados en la superficie de la losa y con una profundidad entre 0,5 a 1,5 cm.
Posibles causas	<p>La acción del tránsito y del clima sobre la superficie con perceptibles defectos originados por diversas técnicas y controles de calidad pobres durante la construcción del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superficie muy débil por defecto de la exudación del mortero y agua durante las operaciones de terminado. - Dosificaciones inadecuadas por bajo contenido de cemento, exceso de agua, inapropiada granulometría de agregados, etc. - Deficiencias durante los procesos constructivos, como curados defectuosos. - Derrames de productos químicos que ataquen al hormigón como sales y ácidos - Armaduras excesivamente próximas a la superficie; - Acción del fuego provocado por combustibles derramados.
Niveles de severidad	No se definen niveles de severidad para esta falla, es suficiente con indicar su existencia.
Medición	Solo se registra como "losa afectada".
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general permanecen estables sin evolucionar con el tiempo - En algunos casos la acción abrasiva del tránsito puede conducir gradualmente al crecimiento en extensión del área afectada
Alternativas de mantenimiento	<p>No se definen niveles de severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción. - Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento según profundidad de descascaramiento. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento según profundidad de descascaramiento. - Reparación parcial + recubrimiento con hormigón totalmente adherido. - Bacheo superficial y sellado de superficie con lechada asfáltica.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 163 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

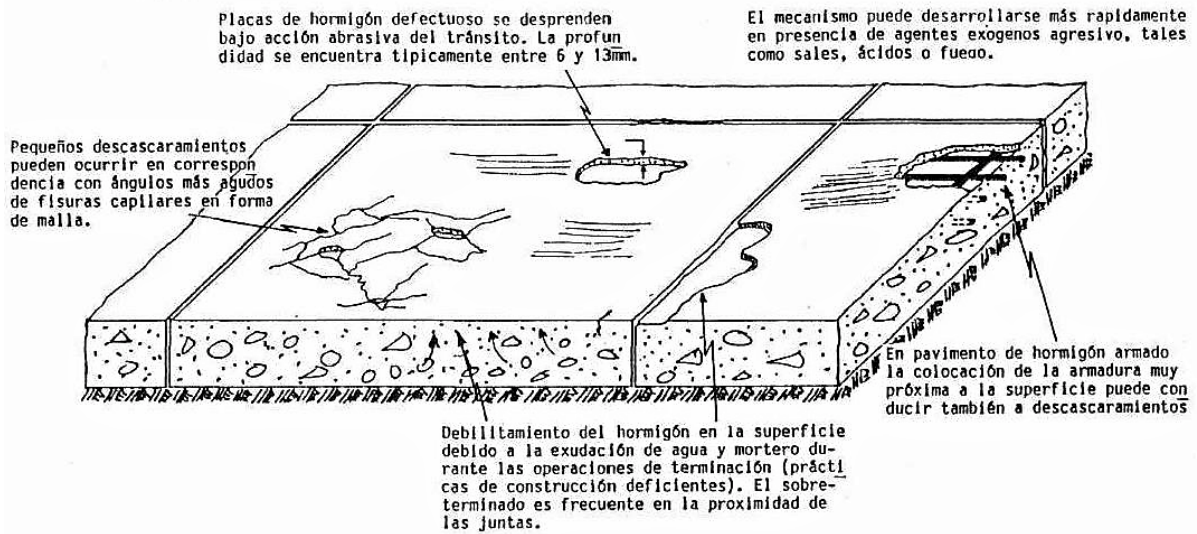


Figura 105: Esquema de descascaramiento en pavimentos rígidos.¹¹⁰

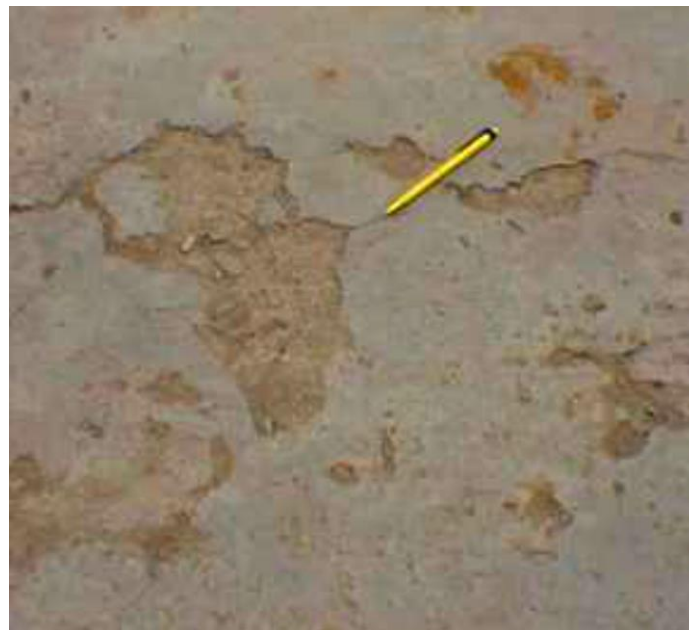


Figura 106: Descascaramiento en pavimentos rígidos.¹¹¹

¹¹⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹¹¹ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 164 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 38: Desprendimiento o peladuras

Pavimento rígido: Defectos de superficie		
Designación	Desprendimiento o peladuras	
Descripción	Desintegración progresiva de la superficie de la losa por pérdida de material fino desprendido del hormigón, dando como resultado una superficie rugosa y con formación de cavidades eventuales.	
Posibles causas	Causado por el efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de calidad pobre, poco durables sumado a alguna de las causas siguientes: <ul style="list-style-type: none">- Empleo de dosificaciones inadecuadas por bajo contenido de cemento, exceso de agua, y agregados de inapropiada graduación.- Deficiencias durante su ejecución como segregación de la mezcla, insuficiente densificación o curado defectuoso.- Ciertos factores exógenos como el ataque de agua, material triturado o anguloso suelto sobre las pistas, que incrementan el poder abrasivo del tránsito	
Niveles de severidad	Según la magnitud de los desprendimientos pueden ser: <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o reducida a pequeñas áreas. (Figura 108)- Medio (M): peladuras generalizada, extendidas en la superficie dando lugar a una textura rugosa, por desprendimiento de agregado fino de la matriz de hormigón. (Figura 109)- Alto (A): peladuras generalizadas, extendidas en la superficie dando lugar a una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando hoyos o pequeños baches superficiales. (Figura 110)	
Medición	Se registra el número de losas afectadas por sección de pavimento analizada, según la severidad de las mismas.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Pueden permanecer estables mucho tiempo.- Evolucionar, siendo la durabilidad del hormigón un factor clave. La evolución puede tener lugar en dos sentidos: por un lado, crecimiento de partículas cada vez más gruesas, que puede generalizarse en toda la superficie de la losa; por el contrario, progreso localizado originando pequeños baches superficiales.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar, solo vigilar su posible evolución.
	Severidad media	
	Alta severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento según profundidad desprendimiento. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 165 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

		<ul style="list-style-type: none"> - Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento según profundidad de desprendimiento. - Reparación parcial + recubrimiento con hormigón totalmente adherido. - Bacheo superficial y sellado de superficie con lechada asfáltica.
--	--	--

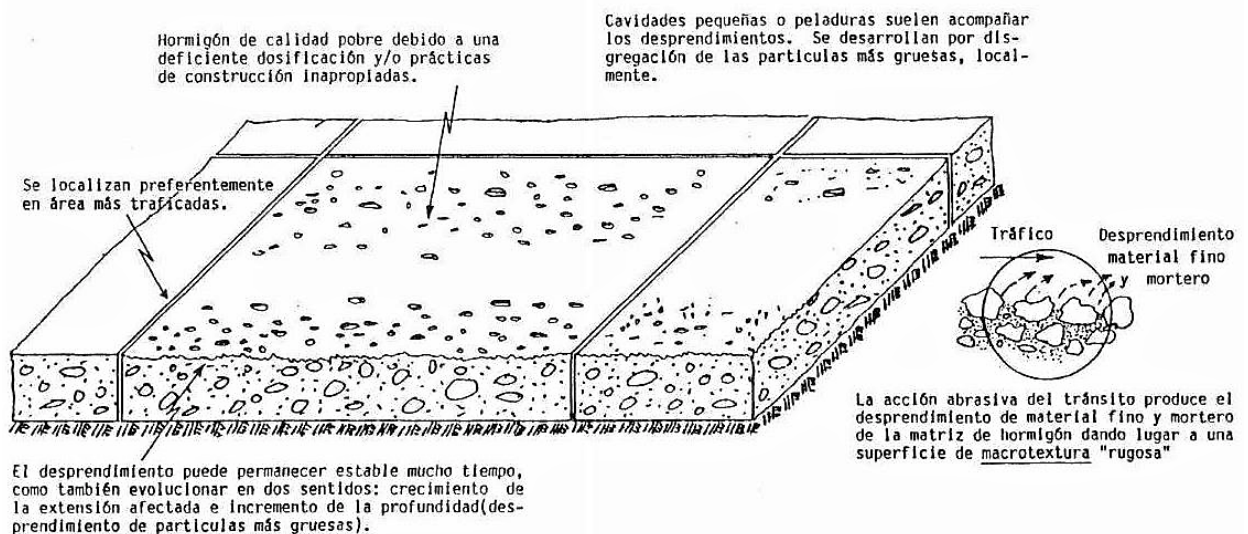


Figura 107: Esquema de desprendimiento o peladura en superficies de pavimentos rígidos. ¹¹²

¹¹² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 166 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 108: Peladuras de baja severidad.¹¹³



Figura 109: Peladuras de severidad media.¹¹⁴

¹¹³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹¹⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 167 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 110: Peladuras de alta severidad.¹¹⁵

Tabla 39: Pulimento superficial

Pavimento rígido: Defectos de superficie	
Designación	Pulimento superficial
Descripción	Alisamiento de la superficie del pavimento por efecto del pulimento de agregados que la componen, causando una disminución potencialmente peligrosa de la adherencia entre los neumáticos del vehículo y el pavimento.
Posibles causas	<p>Causado por la acción abrasiva del tráfico, que produce el desgaste de la superficie del hormigón, particularmente cuando este es de calidad pobre.</p> <p>Los siguientes factores conducen a hormigones susceptibles de experimentar una degradación de su superficie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apertura al tránsito prematura. - Inadecuada dosificación del hormigón por bajo contenido de cemento, alta relación agua/cemento, etc. - Adición de agua a la superficie durante las operaciones de terminación, en la etapa de construcción del pavimento. - Técnicas de terminación superficial inadecuadas. - Agregados pétreos degradables.
Niveles de severidad	No se definen niveles de severidad. Es suficiente con indicar que existe un pulimento de la superficie. El grado de pulimento debe ser significativo para ser reportado.

¹¹⁵ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

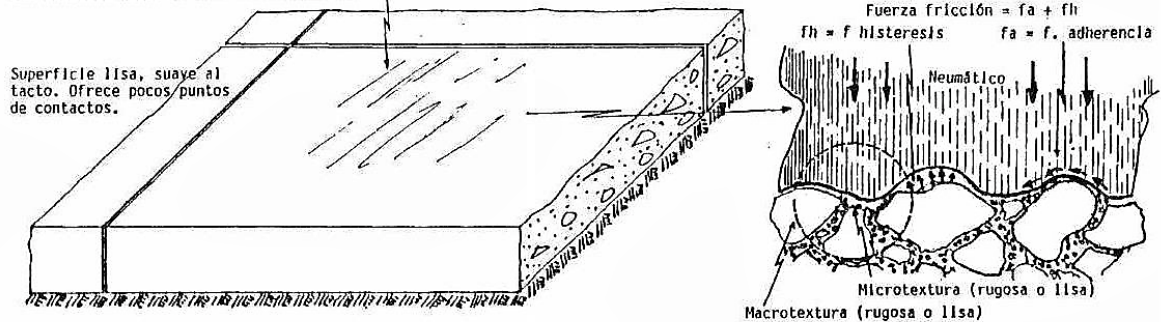
Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 168 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Medición	De ser necesario puede medirse contando el número de losas afectadas en una sección o muestra.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- La evolución depende de la durabilidad del hormigón y si los agregados son degradables o no.- Si el problema se origina en prácticas de construcción defectuosa, una vez corregido el pulimiento no es recurrente. Por el contrario, alguno de los tratamientos indicados resulta de dudosa efectividad, cuando la causa de la fisura se debe al pulimiento de agregados muy degradables.	
Alternativas de mantenimiento	No se definen niveles de severidad	<ul style="list-style-type: none">- Observación periódica de la falla, sin tomar acción al respecto.- Aplicación de una lechada asfáltica o de cemento en áreas localizadas.- Sellado de la superficie con lechada asfáltica.- Restauración de la textura y lisura para rodamiento con aserrado de surcos transversales.- Tratamientos con solución de ácido muriático (HCL) diluido, aplicado superficialmente para el desgaste de la superficie; no es aplicable cuando los agregados son degradables.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 169 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Las asperezas distribuidas sobre la superficie conforman la textura; las asperezas gruesas, o "macrotextura" se obtienen con las operaciones de terminación mientras el hormigón permanece plástico. Las asperezas finas o "microtexturas" son provistas por el mortero de arena-cemento. Ambas, macro y microtextura, son necesarias para una adecuada resistencia al deslizamiento.



La fricción neumático/pavimento depende de la microtextura-que provee la componente de adherencia, preponderante sobre pavimento seco- y la MACROTEXTURA que cumple la doble función de aumentar la componente de histeresis y proveer canales de drenaje del agua, aspectos dominantes con pavimentos húmedo.



.La exudación de agua y mortero a la superficie por sobreterminado conduce a una macrotextura lisa, inadecuada para la circulación segura en tiempo húmedo. Si la microtextura es también lisa (arenas lisas), la resistencia al deslizamiento es también muy reducida aun en tiempo seco.



.El pulimento de los agregados -susceptibles de degradación- conduce a una macrotextura lisa.



.El uso de agregados finos poco friccionantes conduce a microtexturas lisas, potencialmente peligrosas para la circulación; la calidad del hormigón es esencial para conservar la textura original durante todo el período de servicio.

Figura 111: Esquema de pulimento de superficies en pavimentos rígidos.¹¹⁶

¹¹⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 170 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 112: Pulimento de superficie.¹¹⁷

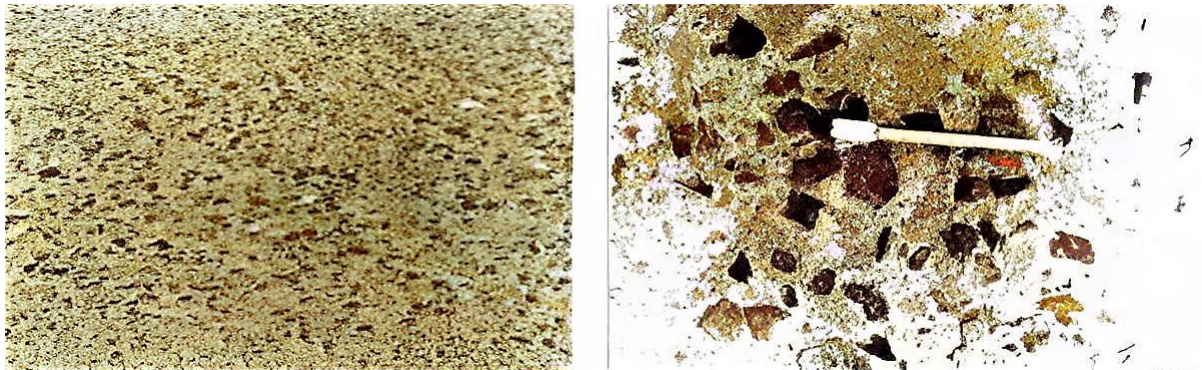


Figura 113: Pulimento de superficie. ¹¹⁸

¹¹⁷ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

¹¹⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 171 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 40: Fisura plástica o contracción

Pavimento rígido: Defectos de superficie	
Designación	Fisura plástica o contracción
Descripción	Fisuración en la superficie del hormigón que ocurre por la retracción del mismo, poco después de haber sido colado y se encuentra aún en estado plástico. Suele presentarse como fisuras capilares distribuidas o, en algunos casos, formando una malla.
Posibles causas	Ocurren cuando las tensiones de contracción debidas a la retracción del hormigón fresco superan su resistencia, situación que tiene lugar por efecto de una o por una combinación de las causas siguientes: <ul style="list-style-type: none">- Curado inicial defectuoso, frente a condiciones desfavorables como tiempo caluroso, seco y ventoso.- Debilitamiento de la superficie por exceso de terminado durante la construcción.- Deficiente consolidación del hormigón fresco durante su colocación o puesta en obra.
Niveles de severidad	No se establecen niveles de severidad.
Medición	Si una o más fisuras plásticas ocurren en una losa, se cuenta como una losa afectada. Las fisuras han de ser notorias o evidentes para que sean registradas en el relevamiento.
Potencial evolución	- Generalmente no evolucionan.
Alternativas de mantenimiento	No se definen niveles de severidad Normalmente no es necesario llevar a cabo ningún tipo de reparación. Si son fisuras de ancho mayor, o que intersecan todo el ancho del carril se puede proceder a su sellado mediante la aplicación de una lechada cementicia, barrida y cepillada contra la superficie fisurada. El sellado con materiales bituminosos no reporta beneficios y resulta antiestético, debido a que la mayor parte del material aplicado se esparce sobre la superficie; el reducido ancho de las fallas impide la penetración del sellante.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 172 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

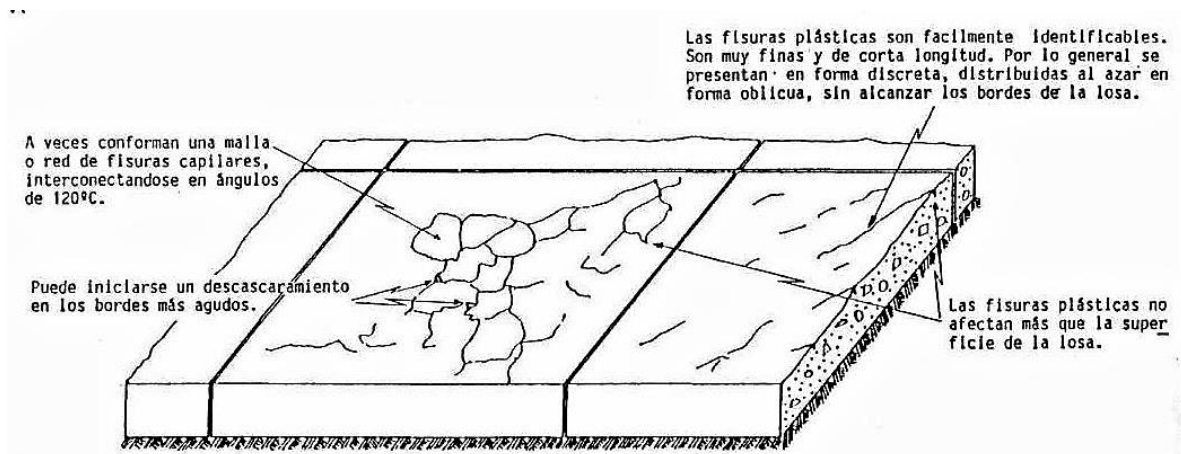


Figura 114: Esquema de fisuras plásticas o de contracción.¹¹⁹

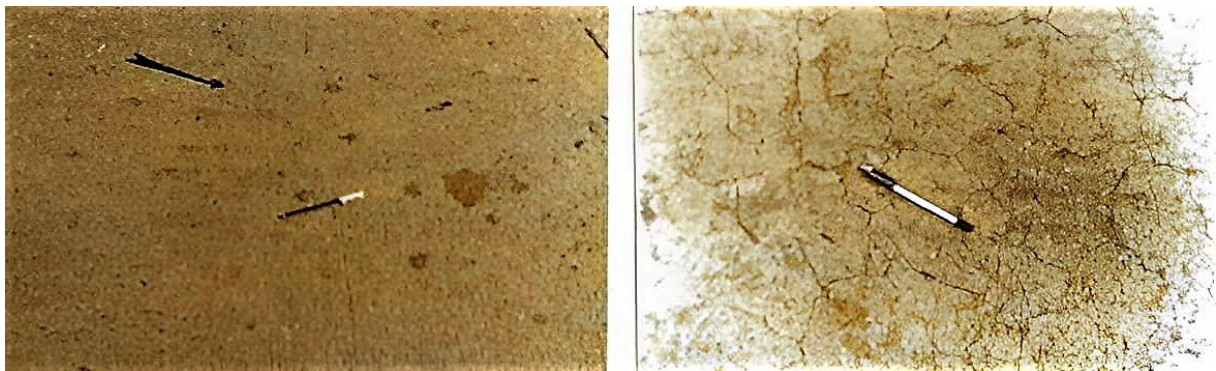


Figura 115: Fisuras plásticas dispuestas de manera aislada y en malla.¹²⁰

¹¹⁹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹²⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 173 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.2.2. Defectos estructurales

Tabla 41: Fisura longitudinal

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Fisura longitudinal
Descripción	Fisura en dirección paralela al eje del camino, en ocasiones coincidentes con las huellas de canalización del tránsito, centro de la losa o de la calzada, en ausencia de juntas longitudinales; su ubicación puede ser un indicio del mecanismo que la origina.
Posibles causas	Es provocada por la acción combinada de algunos de los siguientes mecanismos: <ul style="list-style-type: none">- Fisuración por fatiga: espesor de calzada insuficiente y/o separación excesiva de juntas.- Asentamiento lateral del terraplén.- Asentamientos diferenciales.- Gradientes de tensiones por cambio de temperatura y humedad.- Inadecuada ejecución de la junta longitudinal.- Ausencia de la junta longitudinal o incorrecta ubicación de la junta.- Losas con una relación ancho/longitud excesiva.- Contracción o hinchamiento de la subrasante.
Niveles de severidad	Según el ancho de fisura, condición y estado de los bordes, los niveles son: <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): fisura fina con ancho promedio menor de 0,1 cm, inactiva, que mantiene sus bordes ligados; no hay signos de descascaramiento ni escalonamiento entre sus bordes. Si la fisura es sellada: ancho comprendido entre 0,1 y 1,2 cm, acompañada o no por descascaramiento y sin escalonamiento entre sus bordes.- Medio (M): fisura probablemente activa de ancho promedio entre 0,1 y 1,2 cm, acompañada o no, por descascaramientos de severidad media o baja y/o por escalonamiento menor de 1,2 cm. (Figura 117) Si la fisura es sellada: presenta ancho de fisura indefinido con el material de sello en condición insatisfactoria, acompañada o no de descascaramiento de severidad media o baja y/o por escalonamiento menor de 1,2 cm.- Alto (A): Fisura mayor de 1,2 cm, sellada o no, de cualquier ancho, con descascaramiento severo y/o escalonamiento mayor de 1,2 cm. (Figura 118)
Medición	Se registra en metros lineales según el nivel de severidad de las mismas, correspondiente a cada sección analizada. Losas divididas en 4 o más paños se identifican como "fisuras múltiples".
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Evolucionan a fisuras múltiples, combinándose con otros agrietamientos por efecto de la acción destructiva de las cargas, cuando el pavimento es débil por espesor de losa insuficiente o por deficiente soporte de la fundación.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 174 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

		<ul style="list-style-type: none"> - Grietas originadas en una relación ancho/ longitud de la losa excesiva pueden permanecer estables y comportarse satisfactoriamente como una junta longitudinal si son selladas periódicamente. <p>La selección entre las diversas alternativas de reparación debe basarse en la posible evolución de la grieta a corto plazo, considerando el mecanismo que la genera.</p>
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.
	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción. - Sellado de grietas. - Restauración de la transferencia de carga en grietas longitudinales. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento, aplicar alguna de las técnicas precedentes y vigilar la evolución.</p>
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de grietas. - Reparación de todo espesor de la losa con hormigón si hay evidencias de bombeo. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento, aplicar alguna de las técnicas precedentes.</p>

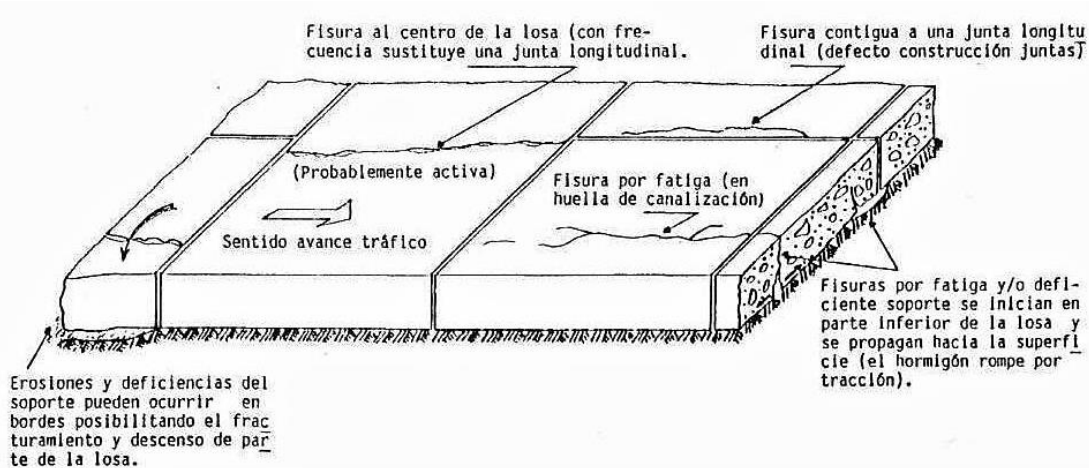


Figura 116: Esquema de fisuración longitudinal en pavimentos rígidos.¹²¹

¹²¹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 175 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 117: Fisura longitudinal de severidad media.¹²²



Figura 118: Fisuración longitudinal de alta severidad.¹²³

¹²² Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

¹²³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 176 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 42: Fisura Transversal y/o Diagonal

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Fisura Transversal y/o Diagonal
Descripción	Fisuramiento en dirección aproximadamente perpendicular al eje del camino, o en dirección oblicua al mismo. Su ubicación es indicio del mecanismo de falla. Grietas que reemplazan juntas transversales suelen experimentar un grado de actividad importante.
Posibles causas	Es causada por uno, o por la combinación de los siguientes factores: <ul style="list-style-type: none">- Fisuración por fatiga por espesor de calzada insuficiente y/o separación excesiva de juntas para las solicitaciones impuestas de tránsito y medioambientales.- Aserrado tardío.- Deficiente apoyo de las losas en la proximidad de juntas debido a “bombeo” o erosión.- Contracción o hinchamiento de la subrasante.- Asentamientos de la fundación, a veces en forma de arco y acompañada de hundimiento.- Excesiva relación longitud/ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de las juntas generando grietas activas, localizadas al centro de las losas o distribuidas regularmente a lo largo del pavimento.- Variaciones significativas en el espesor de las losas.
Niveles de severidad	Según el ancho de fisura, condición y estado de los bordes, los niveles son: <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): fisura fina de ancho promedio menor de 0,1 cm, inactiva, que mantiene sus bordes ligados; sin signos de descascaramiento ni escalonamiento entre sus bordes. (Figura 120) Fisura sellada de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; sin signos de descascaramiento ni escalonamiento entre sus bordes.- Medio (M): fisura potencialmente activa de ancho promedio entre 0,1 y 1,2 cm, acompañada o no, por descascaramientos de severidad media o baja y/o por escalonamiento menor de 1,2 cm. (Figura 121) Fisura sellada, de cualquier ancho, con el material de sello en condición insatisfactoria, acompañada o no de descascaramiento de severidad media o baja y/o por escalonamiento menor de 1,2 cm.- Alto (A): fisura mayor de 1,2 cm. (Figura 122) Fisura sellada o no, de cualquier ancho, con descascaramiento severo y/o escalonamiento mayor de 1,2 cm.
Medición	Se registra en metros lineales según el nivel de severidad, totalizando la longitud por cada sección analizada. Losas divididas en 4 o más paños se identifican como “fisuras múltiples”.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 177 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Potencial evolución		<ul style="list-style-type: none">- Fisuras activas evolucionan rápidamente si no se les hace un mantenimiento periódico oportuno.- La infiltración de material incomprensible provoca descascaramiento y fragmentación de los bordes, muy molesta para el tránsito y puede combinarse con otras formas de agrietamientos, principalmente longitudinales, dando lugar a fisuras múltiples.- Cuando existen evidencias de bombeo o de vacíos bajo las losas, la reparación debe involucrar la restitución de las condiciones de apoyo de la losa; de lo contrario, el mecanismo de falla continuará actuando.
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	<ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.
	Severidad media	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución (no aplicable a grietas que reemplazan a una junta).- Sellado de grietas. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Aplicar alguna de las técnicas precedentes y vigilar su evolución.
	Alta severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de grietas.- Reparación de todo espesor de la losa con hormigón, cuando hay evidencias de bombeo. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Sellado de grietas.- Subsellado de vacíos bajo losas- Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 178 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

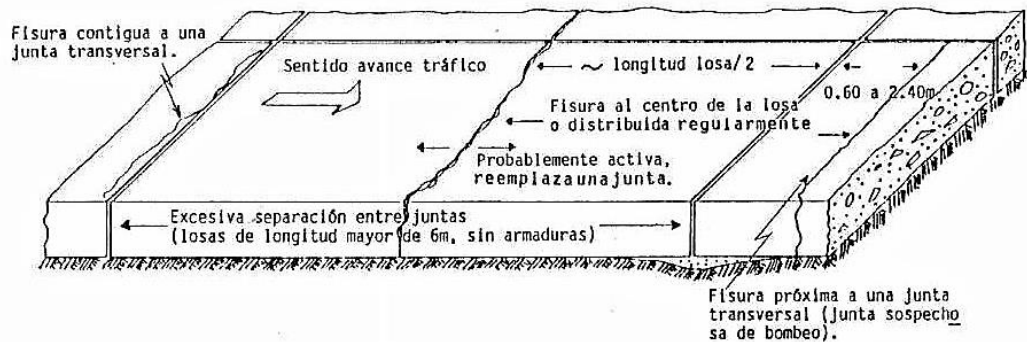


Figura 119: Esquema de fisura transversal y/o diagonal.¹²⁴



Figura 120: Fisura transversal de baja severidad.¹²⁵

¹²⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹²⁵ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 179 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 121: Fisuras transversales de severidad media.¹²⁶



Figura 122: Fisuras transversales de alta severidad.¹²⁷

¹²⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹²⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 180 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 43: Fisura de Esquina

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Fisura de Esquina
Descripción	Fisura que interseca una junta transversal con una junta longitudinal o borde de calzada orientada en general a 45° del eje del pavimento. Se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa. La esquina de la losa es el punto más débil del pavimento. No debe ser confundida con descascaramiento de esquina.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente resistencia del hormigón. - Insuficiente apoyo de las losas en las proximidades de la esquina debido a “bombeo” o erosión. - Pobre transferencia de carga. - Losas con ángulos agudos que favorecen la concentración de las repeticiones de las cargas muy próximas al borde. - Albeo de las losas por variaciones térmicas o de contenido de humedad.
Niveles de severidad	<p>Según la severidad de la misma fisura que la origina, como el estado del pavimento comprendido entre la misma y los bordes de la losa, puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): el agrietamiento es definido por una fisura de severidad baja; el área entre ésta y las juntas no se encuentra fisurada. - Medio (M): el agrietamiento es definido por una fisura de severidad media o baja y/o el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisurada. (Figura 124) - Alto (A): el agrietamiento es definido por una fisura de severidad alta y/o el área entre ésta y las juntas se encuentra muy fisurada o evidencia escalonamiento o hundimiento.
Medición	<p>Se cuenta la cantidad de losas afectadas por una o más fisuras de esquina por cada muestra o sección de pavimento inspeccionada, registrándolas separadamente según su nivel de severidad. Se cuenta como una losa cuando ésta contiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una única fisura de esquina. - Más de una fisura del mismo nivel de severidad. - Dos o más fisuras de diferentes niveles de severidad; en este caso se registra el nivel de severidad correspondiente a la más desfavorable.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Las deflexiones de esquina suelen ser importantes cuando se produce el debilitamiento y/o erosión del soporte de la fundación. - La evolución es rápida y está acompañada de hundimientos que hacen la circulación poco confortable.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar las condiciones de drenaje, estado de las banquetas y zonas contiguas al pavimento.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 181 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

		- Vigilar su evolución.
	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de grietas. Revisar el estado del sellante de las juntas y resellar si es necesario. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía, evaluar la capacidad de carga en las juntas y ejecutar alguno de los trabajos siguientes: - Sellado de grietas. - Subsello de vacíos bajo las losas - Mejoramiento de las condiciones de drenaje de las banquetas en combinación con alguna de las técnicas precedentes.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo superficial nivelante con mezcla asfáltica. - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo nivelante o profundo con mezcla asfáltica. - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón; puede ser necesario la colocación de pasadores. - Subsello de vacíos bajo las losas, con levantamiento por inyección a presión si fuera necesario.

ESQUEMA

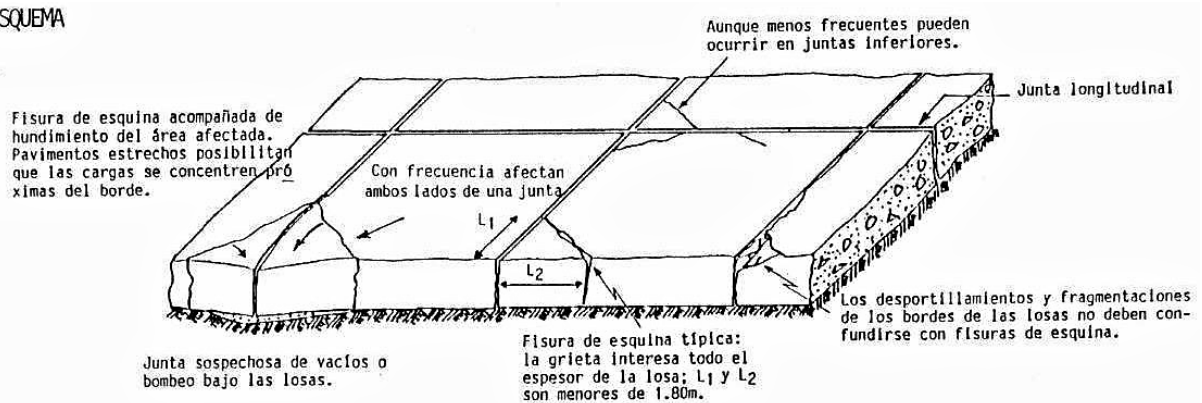


Figura 123: Esquema de fisuración de esquina. ¹²⁸

¹²⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 182 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 124: Fisuración de esquina de severidad media.¹²⁹

Tabla 44: Fisura Múltiple

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Fisura Múltiple
Descripción	Fisuración de la losa de hormigón producto de la combinación de fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, dando origen a una malla amplia que subdivide la losa en cuatro o más paños. Constituye una manifestación de deterioro de mayor gravedad para la integridad del pavimento, que la presencia de alguna de dichas fisuras en forma aislada; por lo que recibe una denominación específica.
Posibles causas	Acción destructiva del tránsito pesado (fatiga) sobre un deficiente diseño estructural: <ul style="list-style-type: none"> - Insuficiencia del espesor del pavimento. - Condiciones de soporte deficientes. - Bombeo a través de juntas y grietas. - Falta de mantenimiento oportuno.

¹²⁹ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 183 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Niveles de severidad	Se establecen tres niveles en base a la severidad de las fisuras que definen la malla y el número de paños en que se subdivide la losa:	
	Clase	Severidad
	B	Baja
	M	Media
		Alta
A	Media	
	Alta	
	Ver Figura 126 y Figura 127.	
Medición	Se cuentan por número de losas afectadas en la sección de pavimento inspeccionada, registrándolas separadamente según su nivel de severidad.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Tienden a extenderse a toda la sección de pavimento. - La subdivisión de la losa en paños más pequeños continúa durante el proceso de deterioro del pavimento, con la aparición y propagación de nuevas fisuras. Este proceso puede ser rápido o lento, según la intensidad del tráfico. 	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.
	Severidad media	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sellado de grietas. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica. - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la condición estructural del pavimento. - Aplicar alguna de las técnicas precedentes. - Refuerzo estructural a corto plazo.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón, normalmente mediante la reposición de losas afectadas. - Bacheo profundo con mezcla asfáltica <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reposición de losas con hormigón convencional o compactado a rodillo. - Trabajos de preparación previa + recubrimiento con hormigón convencional o compactado a rodillo, total o parcialmente adherido o con capa separadora, según condiciones específicas. - Trabajos de preparación previa con hormigón compactado a rodillo (HCR) + recapado con mezcla

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria

Código: TF – LM – 2020

Revisó: Ing. Quintana

Emisión: 24 de febrero de 2023

Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias

Revisión: 02

Página 184 de 422

DOCUMENTO CONTROLADO
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA

		<p>asfáltica en caliente de espesor variable según el tránsito.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trabajos de bacheo previo y alteo del pavimento con base granular (o estabilizado) y carpeta asfáltica.
--	--	---

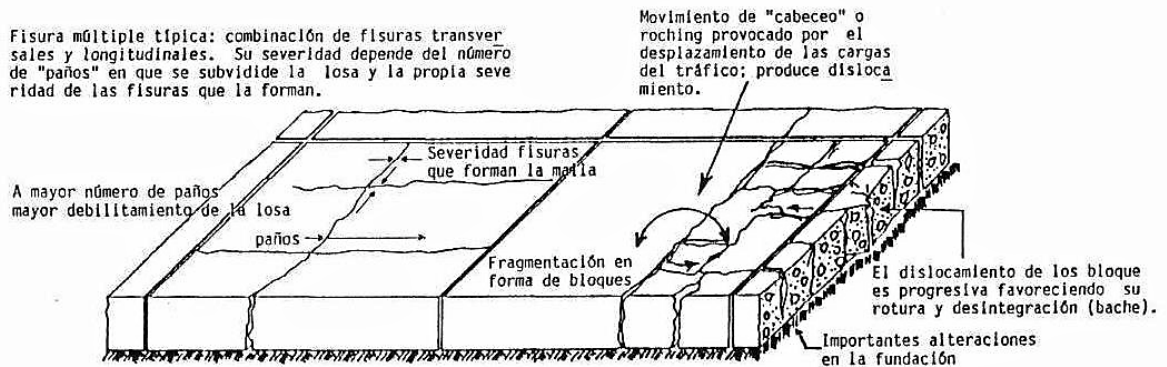


Figura 125: Esquema de fisuración múltiple. ¹³⁰

¹³⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 185 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 126: Fisura múltiple de media severidad.¹³¹



Figura 127: Fisura múltiple de alta severidad.¹³²

¹³¹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹³² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 186 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 45: Rotura o Bache

Pavimento rígido: Defectos estructurales			
Designación	Rotura o Bache		
Descripción	Descomposición y/o desintegración de la losa, hasta la remoción de su superficie en determinadas áreas, originando cavidades de bordes irregulares. Generalmente rodeada de una malla de grietas.		
Posibles causas	Se presentan localmente como la evolución final del proceso de agrietamiento; el tráfico y el continuo reflexionar de los paños formados por fisuras múltiples, aceleran su fracturamiento en bloques más pequeños. El deterioro progresa y, por excesiva fragmentación y desintegración del material, se producen hundimientos y aberturas de extensión creciente. Puede presentar diversas formas y aspecto, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura. Otras causas: <ul style="list-style-type: none"> - Retención de agua en zonas fisuradas. - Insuficiencia del espesor del pavimento frente al tráfico real. - Condición de soporte deficientes por vacíos bajo las losas. - Fundaciones y capas inferiores inestables. - Bombeo a través de juntas y grietas. - Hormigón de calidad muy pobre por deficiencias de construcción. - Falta de mantenimiento oportuno. 		
Niveles de severidad	Se definen según las características que acompañan al bache o rotura. <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): grietas de severidad media a baja que subdividen parte de la losa en bloques de reducida área (largo o ancho menor de 1.5 m); sin signos de dislocamientos ni hundimientos. - Medio (M): grietas de severidad alta que subdividen parte de la losa en bloques muy fragmentados y descascarados; algunos trozos han sido removidos. - Alto (A): amplios sectores de la losa han sido removidos o desintegrados por la acción del tráfico, formando cavidades profundas. (Figura 129 y Figura 130) 		
Medición	La rotura o bache será registrado según su severidad y medidos en m ² .		
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - La evolución se caracteriza por el crecimiento de las áreas afectadas, en particular de las cavidades abiertas o baches y una progresiva alteración de las condiciones de apoyo que conduce a severos hundimientos. Este proceso es generalmente rápido, dependiendo de la intensidad del tráfico pesado y la naturaleza del suelo de fundación. 		
Alternativas de mantenimiento	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">Baja severidad</td> <td>Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, solo vigilar su posible evolución. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica. </td> </tr> </table>	Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, solo vigilar su posible evolución. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica.
Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, solo vigilar su posible evolución. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica. 		

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 187 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

	<p>Severidad media y Alta</p>	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacheo profundo con mezcla asfáltica. - Reparación en todo espesor de la losa con hormigón. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento, se aplica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reposición de la losa con hormigón convencional o compactado a rodillo. - Trabajos preparación previa + recubrimiento con hormigón convencional o compactado a rodillo, total o parcialmente adherido o con capa separadora, según condiciones específicas. - Trabajos de preparación previa con hormigón compactado a rodillo (HCR) + recapado con mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según el tránsito. - Trabajos bacheo previo y alteo del pavimento con base granular (o estabilizado) y carpeta asfáltica.
--	-------------------------------	--

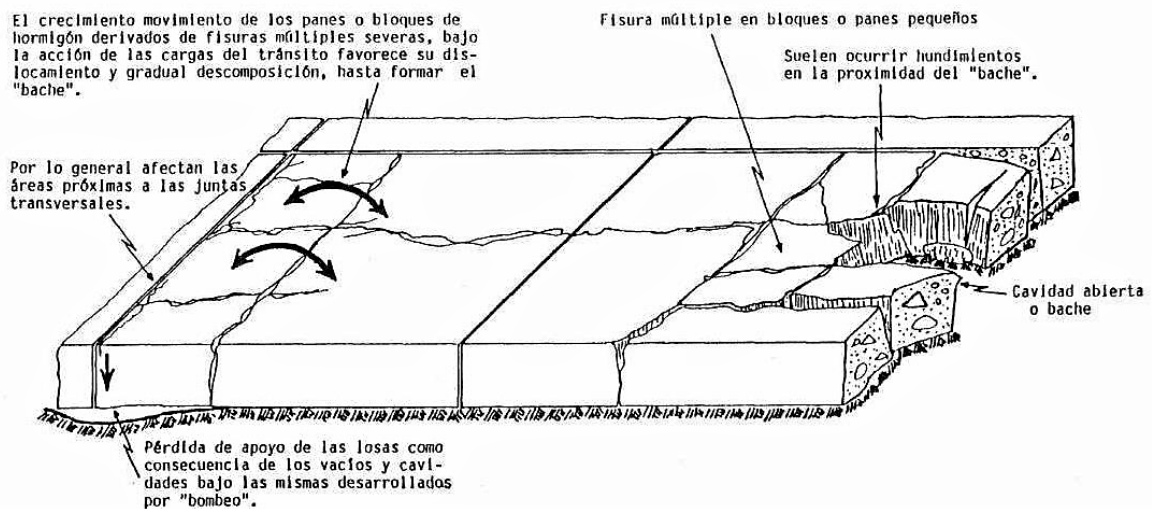


Figura 128: Esquema de rotura o baches en pavimentos rígidos.¹³³

¹³³ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

<p>Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria</p>	<p>Código: TF – LM – 2020</p>	
<p>Revisó: Ing. Quintana</p>	<p>Emisión: 24 de febrero de 2023</p>	
<p>Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias</p>	<p>Revisión: 02</p>	<p>Página 188 de 422</p>
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>		



Figura 129: Bache de pavimento rígido de alta severidad.¹³⁴



Figura 130: Fisuras y roturas en bloque de alta severidad.¹³⁵

¹³⁴ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

¹³⁵ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 189 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 46: Defectos por Bombeo

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Defectos por Bombeo
Descripción	Es un fenómeno donde el agua ubicada entre la superficie inferior de una losa de concreto y su cimentación es empujada hacia afuera por la fuerza de las cargas de tránsito, a través de las juntas, bordes y grietas del pavimento. En este recorrido, el agua puede extraer finos suspendidos y crear vacíos debajo de la losa.
Posibles causas	Los mecanismos que provocan estos errores se dan cuando ocurren tres factores simultáneamente: <ul style="list-style-type: none">- Cargas pesadas y frecuentes que pueden causar deformaciones importantes.- Presencia de agua libre en la interfaz entre la placa y la fundación.- Cimentaciones de suelos finos o materiales erosionables; las subbases estables están sujetas a bombeo, aunque en menor medida.
Niveles de severidad	Según el grado de actividad del bombeo y las manifestaciones que lo acompañan (mejor apreciadas durante una lluvia), pueden ser. <ul style="list-style-type: none">- Baja (B): con el paso de vehículos pesados durante la lluvia, el agua es arrojada a través de las juntas; hay señales de agua entre el pavimento y la banquina. No se observan rastros de material fino de las capas inferiores en la superficie del pavimento.- Medio (M): con el paso de un vehículo pesado, si hay un agujero debajo de la losa se siente una oscilación en su extremo. Los rastros de material fino son visibles alrededor de las juntas y/o los bordes del pavimento.- Alto (A): las losas tienen un importante oscilamiento ante el paso de cargas debido a la presencia de vacíos. Hay señales claras de que se han bombeado grandes cantidades de material fino por acumulación de lodo y finos a través de juntas y grietas. Puede haber también agrietamiento, escalonamiento, etc. (Figura 132)
Medición	Habitualmente, un indicio de bombeo de agua en algún lugar de la parte del pavimento analizado es suficiente para considerar que se ha producido este fenómeno. Si lo califica según el nivel de severidad correspondiente al sector más comprometido o cualitativamente la extensión afectada (local o general). Cuando se pretende una evaluación más detallada se cuenta por losa: una junta entre dos losas representa dos losas afectadas.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Los mecanismos de degradación por bombeo tienen sus propios factores que contribuyen a su crecimiento gradual: debido a la presencia de vacíos en la interfaz losa/superficie de asiento; así, el apoyo de la placa disminuye y la deflexión bajo carga aumenta, moviliza agua y finos adicionales, aumentando la profundidad y expansión de cavidades o vacíos, acelerando el desarrollo de este fenómeno. La evolución se caracteriza por otras manifestaciones adicionales como fisuras y golpes, que conducen gradualmente a la ruptura de las losas, lo que afecta en gran medida la serviciabilidad del pavimento.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 190 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	Si la falla está localizada: - Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: - Verificar el estado de las juntas y evaluar la condición de los elementos de desagüe.
	Severidad media	Si la falla está localizada: - Resellar juntas y grietas. - Vigilar la evolución. - Mejorar condiciones de drenaje superficial de paseos y/o elementos de desagüe. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: - Resellado juntas y grietas. - Mejorar condiciones de drenaje superficial de banquetas y/o elementos de desagüe. - Subllenado de vacíos bajo losas en combinación con las técnicas precedentes.
	Alta severidad	Si la falla está localizada: - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón; mejorar condiciones de drenaje superficial de paseos y/o elementos de desagüe. - Bacheo temporario con mezcla asfáltica en todo el espesor. - Mejorar capacidad de transferencia de carga en juntas en combinación con técnicas precedentes. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: - Subllenado de vacíos bajo losas. - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón. - Reposición de losas con hormigón. - En todos los casos deben complementarse con el resellado de juntas y grietas y mejoramiento de las condiciones de drenaje de las banquetas y elementos de desagüe.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 191 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

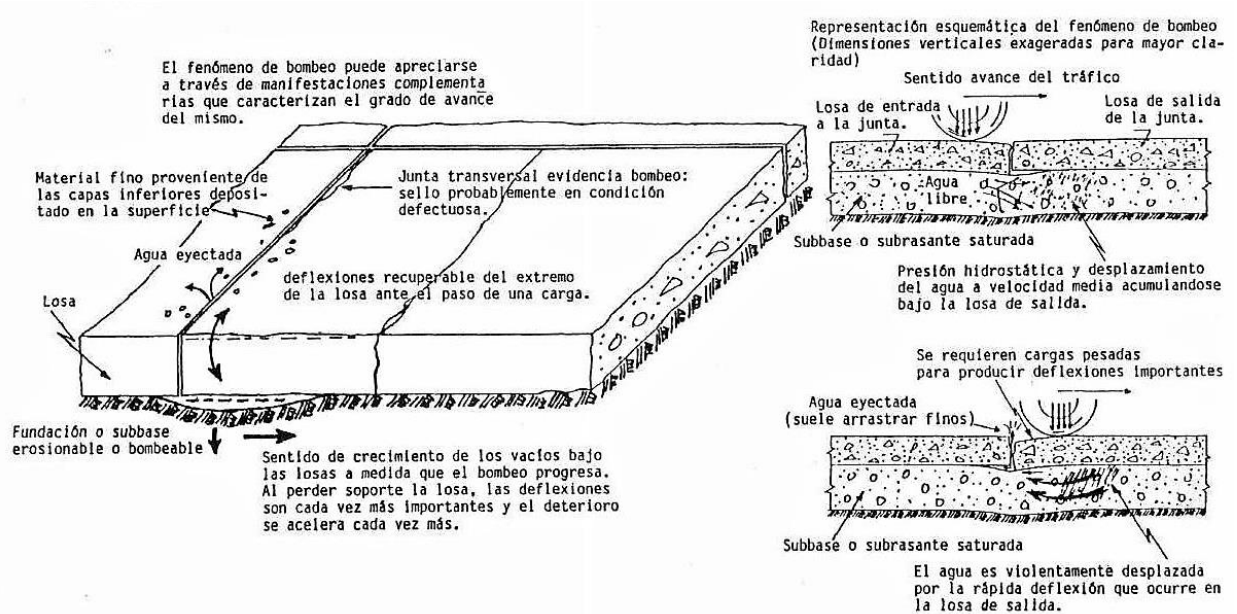


Figura 131: Esquema de defecto por bombeo. ¹³⁶



Figura 132: Bombeo de alta severidad.¹³⁷

¹³⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹³⁷ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 192 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 47: Escalonamiento

Pavimento rígido: Defectos estructurales		
Designación	Escalonamiento	
Descripción	Falla causada por el tráfico donde, a un lado de la losa, la junta o las grietas presentes en la misma, muestran un desnivel respecto de la losa contigua.	
Posibles causas	Elevación del material suelto a través de las juntas o grietas y depresiones al final de la losa trasera, al disminuir el soporte de la fundación, lo que indica: <ul style="list-style-type: none">- Asentamiento o levantamiento diferencial de las losas.- Bombeo bajo las losas.- Variación volumétrica de los suelos de fundación.- Deficiente transferencia de carga en juntas.- Falta de apoyo de la fundación.	
Niveles de severidad	Según el desnivel promedio medido en relación con las juntas <ul style="list-style-type: none">- Baja (B): diferencia de nivel de 0,3 a 0,6 cm.- Medio (M): diferencia de nivel mayor de 0,6 cm a 1,2 cm. (Figura 134)- Alto (A): diferencia de nivel mayor de 1,2 cm. (Figura 135)	
Medición	Se cuentan y registran separadamente según su severidad. Se contabiliza el número de losas afectadas por cada sección, de acuerdo con: <ul style="list-style-type: none">- El escalonamiento a través de una junta, se cuenta como una losa.- El escalonamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como el escalonamiento, pero se considera al definir la severidad de la grieta.	
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- Puede permanecer estable mucho tiempo o evolucionar más o menos rápidamente en función de la intensidad del tráfico pesado que afecta las condiciones de la interface losa/superficie de asiento y la existencia de dispositivo para la transferencia de carga a través de la junta.- Inicialmente afecta la comodidad de circulación con golpeteo al atravesar las juntas.- Un nivel de severidad alto provoca un mayor agrietamiento y otros daños.	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Verificar necesidad de resellar las juntas y evaluar la condición de los elementos de desagüe.
	Severidad media*	Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Resellar juntas que con escalonamiento.- Restauración de la fisura para rodamiento y resellar las juntas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 193 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

		Si la falla está generalizada** en la superficie del pavimento: - Subllenado de vacíos bajo losas con nivelación por inyección a presión. - Restauración de la fisura para rodamiento con corte de escalonamiento.
	Alta severidad	Si la falla está localizada: - Reparación con hormigón en todo el espesor de la losa. - Bacheo superficial con mezcla asfáltica nivelante. Si la falla está generalizada ** en la superficie del pavimento: - Subllenado de vacíos bajo losas por inyección a presión. - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón. - Bacheo profundo con mezcla asfáltica.

*Ante escalonamiento de severidad media y alta es conveniente analizar la transferencia de carga en juntas y verificar la condición de elementos de drenaje y subdrenaje.

** Previo a la ejecución de un recapado o recubrimiento como actividad de rehabilitación, es necesario subsellar los vacíos.

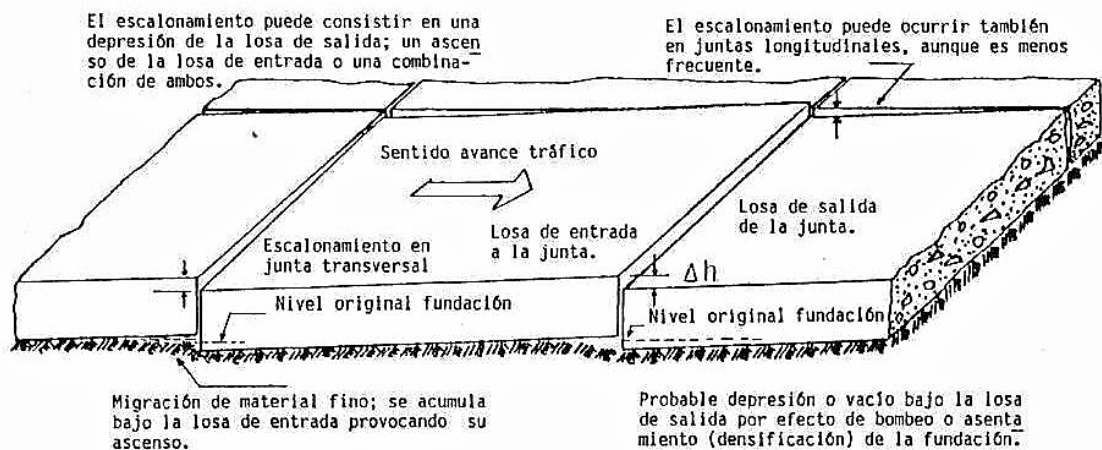


Figura 133: Esquema de falla por escalonamiento.¹³⁸

¹³⁸ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 194 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 134: Escalonamiento de severidad media.¹³⁹

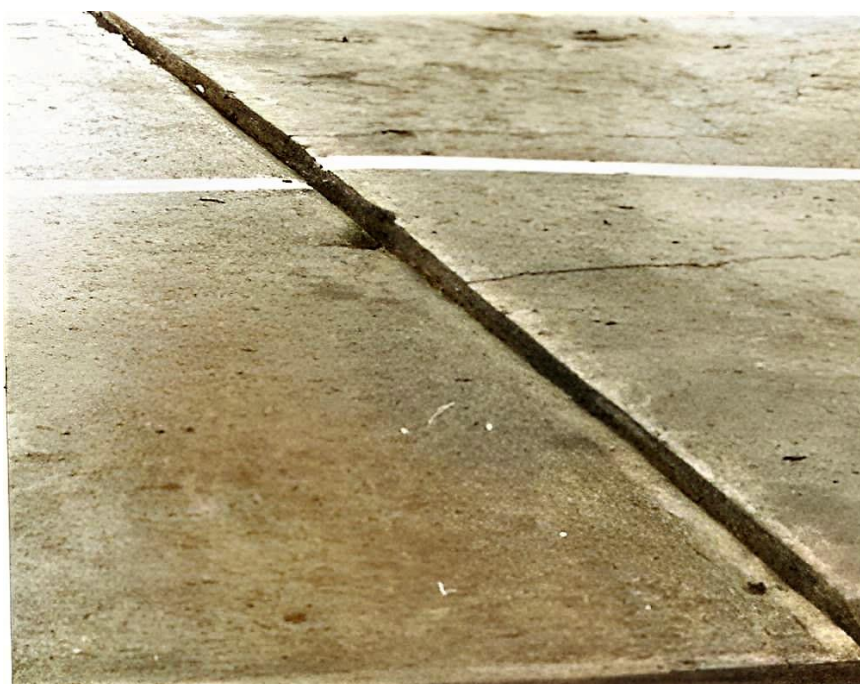


Figura 135: Escalonamiento de alta severidad.¹⁴⁰

¹³⁹ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

¹⁴⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 195 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 48: Hundimiento

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Hundimiento
Descripción	Descenso localizado de la superficie original del pavimento. Con amplitud y dispersión variables, cuando se trata de depresiones de longitud de onda corta (asentamiento diferencial), suele ir acompañado de un agrietamiento significativo. Por lo general, son fallas puntuales originadas por causas locales. Afectan la comodidad de conducción.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento diferencial o consolidación de terraplenes sobre fundaciones de suelos compresibles. - Deficiente compactación de la subbase o de materiales de rellenos contiguos a estructuras de drenaje o muros de retención. - Pérdida de soporte de la subrasante; - Deficiencias en el proceso de construcción de las losas y/o subbases.
Niveles de severidad	<p>Aun cuando este tipo de falla posee gran longitud de onda, se pueden diferenciar tres niveles de severidad según su incidencia en la comodidad de manejo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): el hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad. - Medio (M): el hundimiento causa un significativo salto o balanceo al vehículo, que genera incomodidad. - Alto (A): el hundimiento causa un salto considerable que provoca la pérdida de control del vehículo generando riesgo para la seguridad y/o daño al vehículo, obligando la reducción de la velocidad. (Figura 136)
Medición	<p>Los hundimientos se miden y registran separadamente según su severidad, contabilizando la cantidad por cada sección o muestra. Los resultados pueden computarse en base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los metros cuadrados afectados. - El número de losas afectadas.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - Si se analiza al hundimiento como defecto constructivo, este permanece estable. - Los asentamientos o consolidaciones que pueden provocar este tipo de falla, suelen alcanzar un estado de equilibrio, donde el hundimiento se manifiesta por el agrietamiento de las zonas deficientemente apoyadas.
Alternativas de mantenimiento	<p>Baja severidad</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.
	<p>Severidad media</p> <p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción. Vigilar posible evolución. - Reparación parcial o en todo el espesor con Hormigón. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 196 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



		<ul style="list-style-type: none">- Reposición de losas con hormigón convencional u hormigón compactado a rodillo, HCR.- Subllenado de vacíos, con levantamientos de losas con gatos hidráulicos si es necesario, cuando no hay otros daños significativos.- Bacheo superficial con mezcla asfáltica nivelante, hasta tanto pueda llevarse a cabo una rehabilitación.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reparación con hormigos en todo el espesor de la losa.- Bacheo superficial con mezcla asfáltica nivelante o bacheo profundo con mezcla asfáltica, según los casos. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reposición de losas con hormigón convencional o compactado a rodillo.- Trabajos de preparación previa + recubrimiento con hormigón convencional o compactado a rodillo, total o parcialmente adherido; o con capa separadora, según condiciones específicas.- Trabajos de bacheo previo y alteo del pavimento con base granular (o estabilizada) y carpeta asfáltica.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 197 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 136: Hundimiento de pavimentos rígidos, de alta severidad. ¹⁴¹

Tabla 49: Levantamiento

Pavimento rígido: Defectos estructurales	
Designación	Levantamiento
Descripción	Consiste en un levantamiento repentino del pavimento, generalmente continuo a la junta transversal o grieta, como resultado de una expansión excesiva y excéntrica de la losa de hormigón. Suelen manifestarse localmente y ocurren en varias de las juntas más defectuosas o débiles de una sección de pavimento que generalmente tiene más de 150 m.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Dilatación excesiva de las losas unidas mediante un espesor insuficiente de juntas, por efecto de elevadas temperaturas, o alto contenido de humedad. - Presencia de material incompresible en las juntas. - Incorrecta ubicación de las juntas. - Falta de verticalidad en las caras de las juntas. - Expansiones por reacción álcali – sílice.
Niveles de severidad	Según su incidencia en la comodidad de manejo se diferencian tres niveles de severidad: <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

¹⁴¹ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 198 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	<ul style="list-style-type: none">- Medio (M): moderada incidencia en la comodidad de manejo, que obliga a disminuir la velocidad de circulación. Puede encontrarse reparado temporariamente.- Alto (A): alta incidencia en la comodidad de manejo. Condiciona la velocidad de operación y produce severa incomodidad dado que el vehículo es proyectado luego de cada levantamiento. (Figura 138)
Medición	Se miden y registran separadamente, según su severidad, contabilizado el número de losas afectadas de cada sección, de acuerdo con: <ul style="list-style-type: none">- Levantamiento se cuentan como una losa.- Levantamiento en juntas se contabilizan en dos losas.
Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none">- A medida que se desarrolla el levantamiento, afecta cada vez más la comodidad de conducción.- Ruptura completa de la superficie de la carretera adyacente a la junta.- El proceso suele ser relativamente rápido, por lo que su atención es prioritaria. Un buen mantenimiento de las juntas, como un resellado regular, puede prevenir daños.
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Bacheo temporario con mezcla asfáltica, con remoción parcial del hormigón en áreas sobre elevadas.- Reparación de todo el espesor de la losa con hormigón en el área contigua a la junta. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento: <ul style="list-style-type: none">- Aplicar algunas técnicas precedentes y resellar las juntas.
	Severidad media y Alta Si la falla está localizada: <ul style="list-style-type: none">- Bacheo temporario con mezcla asfáltica, con remoción parcial del hormigón en áreas sobre elevadas.- Reparación de todo el espesor de la losa con hormigón en el área contigua a la junta. Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento, se aplica algunas de las técnicas precedentes.
Nota	Existe otro tipo de falla denominada “ Estallido ” o “ falla por compresión ”; se trata de un quebrantamiento en una o en ambas losas, que comparten una junta transversal, provocado por las fuerzas de expansión excesivas, ausentes de excentricidad a diferencia del levantamiento, pero las causas que la generan son similares a este. Se exterioriza a través de fisuras y grietas que concurren en las juntas y el hormigón fragmentado es fácilmente removido por el tráfico. (Figura 140) Se miden contando el número de juntas afectadas en la muestra o la sección de pavimento inspeccionada.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 199 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

El mantenimiento o reparación recomendado para este tipo de falla, se basa en la vigilancia de su evolución; en casos más desfavorables, el rellenado de las juntas.

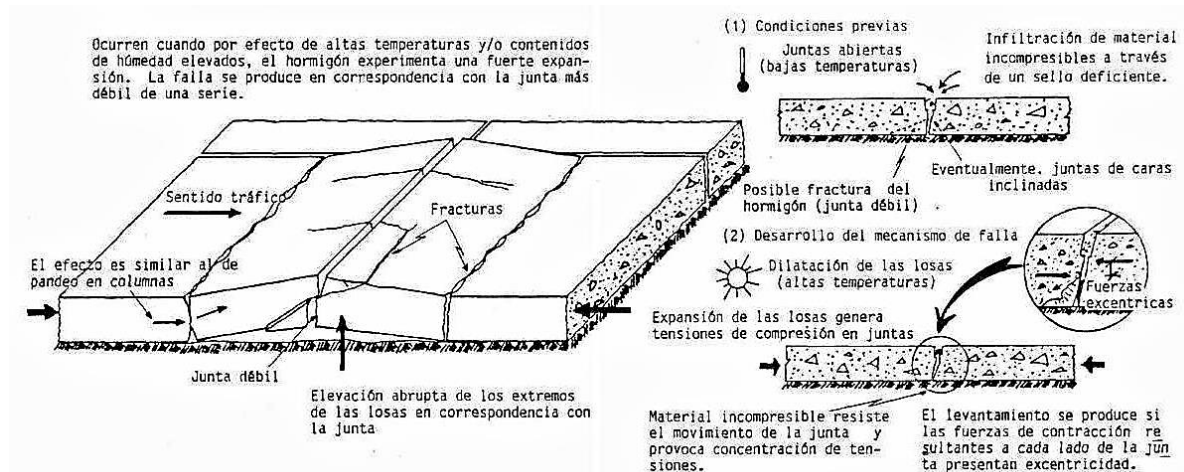


Figura 137: Esquema de levantamiento en pavimentos rígidos.¹⁴²

¹⁴² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 200 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 138: Levantamiento de losa de alta severidad.¹⁴³

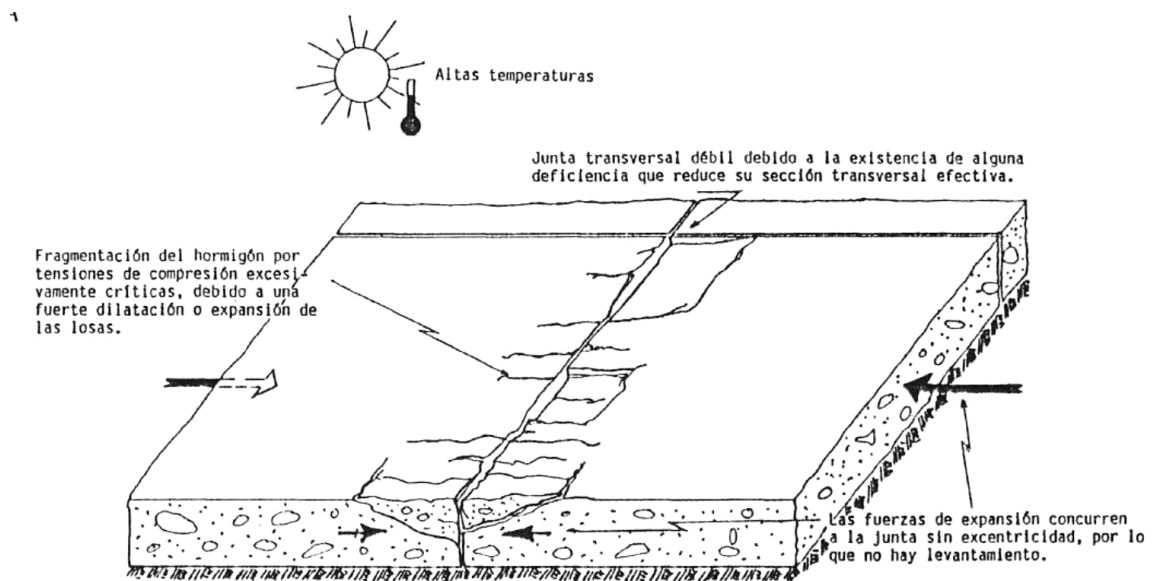


Figura 139: Esquema de estallido por compresión.¹⁴⁴

¹⁴³ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

¹⁴⁴ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 201 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 140: Estallido por compresión.¹⁴⁵

¹⁴⁵ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 202 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.2.3. Deterioro de juntas

Tabla 50: Deficiencia en el Material de Sello

Pavimento rígido: Deterioro de Juntas	
Designación	Deficiencia en el Material de Sello
Descripción	<p>La “deficiencia en el material de sello” es cualquier condición que permita que el suelo o material incompresible se acumule e ingrese en la junta o permita una penetración significativa del agua. La acumulación de material incompresible evita el movimiento de la losa, lo que deviene en otros daños como el levantamiento, el agrietamiento y/o descascaramiento de las juntas. El ingreso de agua en la base reduce su capacidad soporte y facilita el bombeo de material fino. Los defectos observables incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta o ausencia de material de sello. - Desprendimiento o pérdida de adherencia con los bordes de las losas. - Extrusión del material sellante, es decir, el material expulsado sobresale a los lados de la junta. - Endurecimiento y fracturamiento del material.
Posibles causas	<p>Este tipo de falla responde a tres mecanismos de degradación, actuando de manera aislada o combinada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento del material sellante por efecto del tráfico y movimiento de las losas. - Posible endurecimiento del material de sello por oxidación. - Expulsión por fuerzas de compresión que cierran excesivamente la junta - Aplicación de una técnica inadecuada durante las operaciones de sellado. - Pérdida de adherencia en los bordes de la losa.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad, según:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): el material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección. Pueden presentarse algunos de los defectos arriba indicados en cantidades reducidas, pero sin riesgo de infiltración de material incompresible. - Medio (M): el material de sello se encuentra en condición regular. Uno o más defectos ocurren en grado moderado. El material de sello necesita ser reemplazado dentro de un período de 2 a 3 años. - Alto (A): material de sello muy deteriorado o inexistente en toda la sección. Uno o más defectos ocurren con grado de severidad alto. Las juntas requieren sellado o resellado a la brevedad. (Figura 142y Figura 143)
Medición	<p>Se evalúa según una variable cualitativa asignada en relación con la condición del material de sello en la sección inspeccionada.</p>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 203 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

Potencial evolución	<ul style="list-style-type: none"> - La falla inicialmente solo afecta la comodidad de manejo. - Desintegración total del pavimento contiguo a la junta. El proceso suele ser relativamente rápido, por lo que su atención es prioritaria. <p>Es difícil que estos daños se generalicen sobre toda la sección de pavimento.</p>	
Alternativas de mantenimiento	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar.
	Severidad media	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución. - Resellado de juntas en condición crítica.
	Alta severidad	- Resellado de juntas.

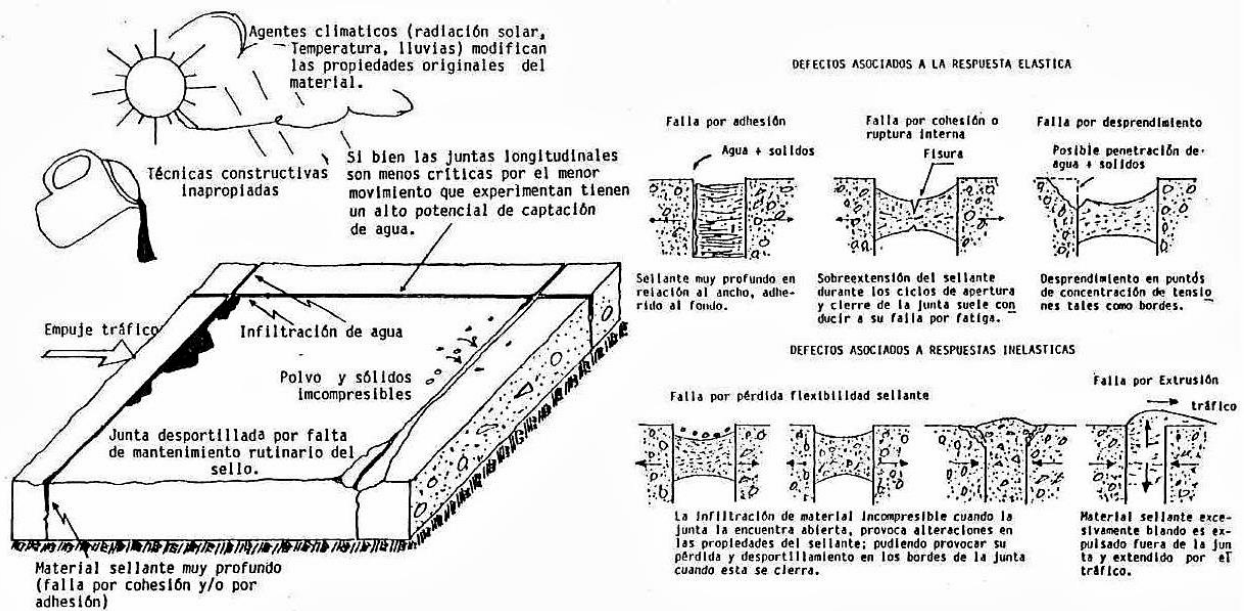


Figura 141: Esquema de deficiencia en el material de sello.¹⁴⁶

¹⁴⁶ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 204 de 422	
<p>DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>	



Figura 142: Deficiencia en el material de sello de alta severidad.¹⁴⁷



Figura 143: Deficiencia del material de sello de alta severidad.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Fuente: Vías de comunicación II – UCC. (2017)

¹⁴⁸ Fuente: Asesoría Técnica de ARGOS. (2017)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 205 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 51: Defecto de Juntas Por Descascaramiento

Pavimento rígido: Deterioro de Juntas					
Designación	Defecto de Juntas Por Descascaramiento				
Descripción	Fracturamiento o desintegración de los bordes de la losa, dentro de una distancia de 60 cm respecto de una junta o esquina. Puede estar acompañado de grietas, potenciando la severidad en los daños.				
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Entrada de materiales incompresibles en las juntas o fisuras, generando excesivas tensiones. - Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta por deficiente alineamiento, corrosión, etc. - Hormigón debilitado por falta de compactación, de durabilidad, por aserrado prematuro, retiro de moldes en juntas de construcción y/o impactos excesivos al momento de retirar la formaleta. - Acumulación de agua en las juntas. 				
Niveles de severidad	<p>Se diferencia tres niveles de severidad en función del estado de las "piezas" que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta, así como del ancho y longitud afectadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): pequeños fracturamientos, que no se extiende más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen firmes (ocasionalmente puede faltar algún trozo pequeño). Una junta de bordes muy irregulares en toda su longitud por desgaste o mala terminación. (Figura 145) - Medio (M): las fracturas se extienden a lo largo de la junta, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; pueden faltar algunos o todos los trozos, pero profundidad es menor de 2,5 cm. (Figura 146) - Alto (A): las mismas fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de la misma; las piezas o trozos han sido removidos por el tráfico y presentan una profundidad mayor de 2,5 cm. (Figura 147) 				
Medición	Se cuenta y registra el número de juntas afectadas para cada nivel de severidad. Si a lo largo de la junta se identifica más de un nivel de severidad se le asigna el nivel más desfavorable.				
Potencial evolución	La exposición de los bordes de las juntas, facilita su desintegración, desarrollándose tanto en profundidad como en extensión. Esto permite la penetración del agua y el alojamiento de material incompresible en las juntas. Genera un creciente y molesto golpeteo en los vehículos. Afecta la eficacia del resellado de la junta reduciendo la vida útil del material de sellado.				
Alternativas de mantenimiento	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Baja severidad</td> <td>- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.</td> </tr> <tr> <td>Severidad media</td> <td>Si la falla está localizada: - Resellado de juntas afectadas por descascaramientos.</td> </tr> </table>	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.	Severidad media	Si la falla está localizada: - Resellado de juntas afectadas por descascaramientos.
	Baja severidad	- Ninguna acción correctiva a realizar, salvo vigilar su evolución.			
Severidad media	Si la falla está localizada: - Resellado de juntas afectadas por descascaramientos.				
<p>Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria Código: TF – LM – 2020</p> <p>Revisó: Ing. Quintana Emisión: 24 de febrero de 2023</p> <p>Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias Revisión: 02 Página 206 de 422</p> <p style="text-align: center;">DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</p>					

		<ul style="list-style-type: none"> - Reparación superficial o parcial con mortero de cemento. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar algunas de las alternativas precedentes.
	Alta severidad	<p>Si la falla está localizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resellado de juntas afectadas por descascaramientos. - Bacheo parcial con mezcla asfáltica. <p>Si la falla está generalizada en la superficie del pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar algunos trabajos precedentes.

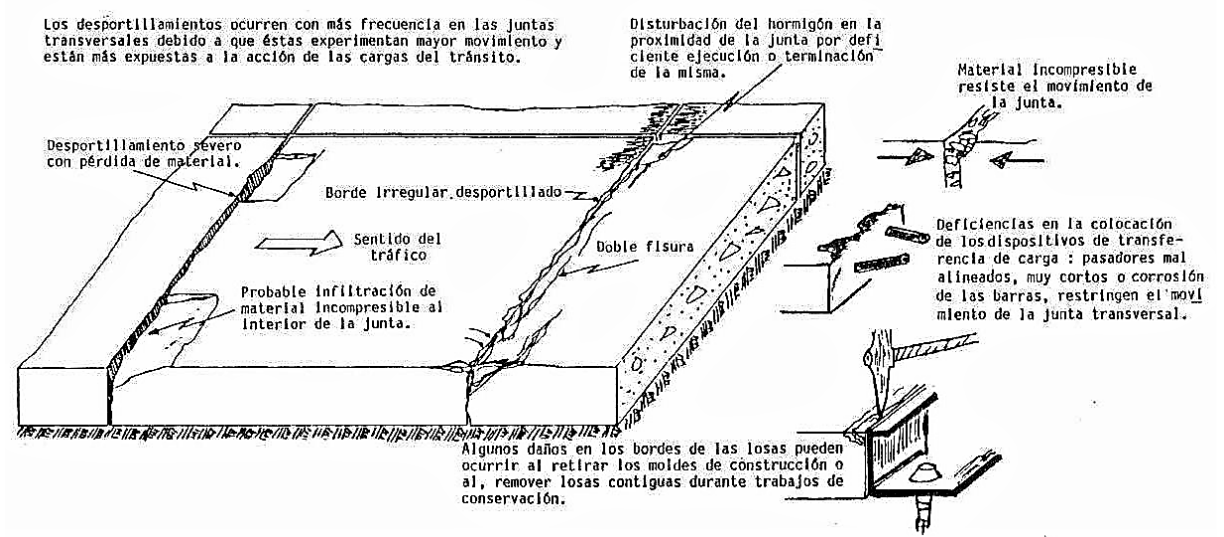


Figura 144: Esquema de defectos en juntas por descascaramientos. 149

¹⁴⁹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 207 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

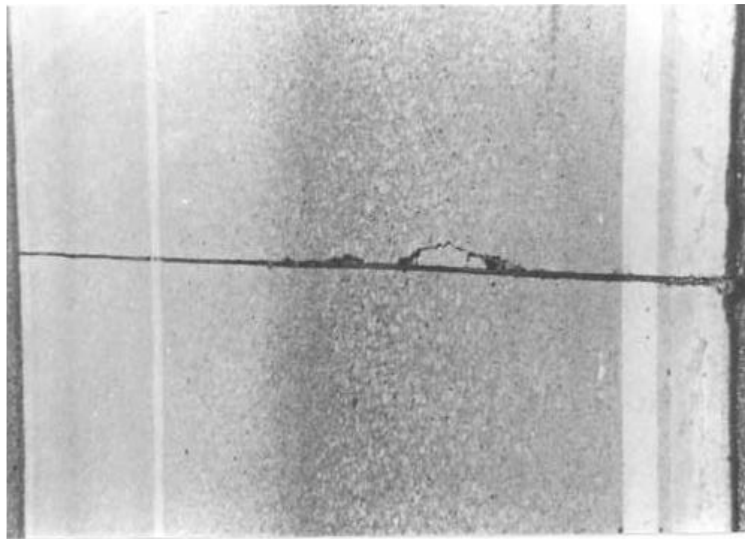


Figura 145: Descascaramiento de juntas de baja severidad. ¹⁵⁰



Figura 146: Descascaramiento de juntas de severidad media. ¹⁵¹

¹⁵⁰ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

¹⁵¹ Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 208 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 147: Descascamiento de juntas de alta severidad.¹⁵²

4.1.2.4. Otras Fallas

Existen otros tipos de fallas, que no se describen en este documento, pero no dejan de ser importantes a la hora de evaluar un camino como, por ejemplo: la reparación o el paso de servicios públicos, el estado de las banquetas, la pérdida de coronamiento, erosión, la vegetación en los sistemas de drenaje, el estado de las obras de arte, etc.

¹⁵² Fuente: Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 209 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4.1.3. Caminos rurales

En esta sección se presentan 8 fallas típicas de caminos rurales o de tierra:

- Pérdida del perfil transversal/bombeo
- Drenaje inadecuado
- Ondulación/corrugación
- Polvo
- Baches y/o deformaciones localizadas
- Ahuellamiento
- Pérdida de agregados
- Erosión

Tabla 52: Pérdida del perfil transversal y/o Bombeo

Caminos no pavimentados	
Designación	Pérdida del perfil transversal y/o Bombeo
Descripción	Es el deterioro y/o pérdida del perfil de la calzada que afecta las pendientes dificultando el escurrimiento del agua hacia las cunetas laterales, dando lugar a la acumulación del agua en la superficie, disminuyendo la capacidad portante del suelo e incrementando el deterioro del camino, con la consiguiente de serviciabilidad.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none">- Asentamiento diferencial de la calzada.- Movimiento de los materiales del camino por acción del agua y las cargas de tránsito.- Erosión eólica y pluvial.
Niveles de severidad	Se definen tres niveles de severidad, según: <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): pequeñas cantidades de agua estancada o evidencia de encharcamiento en la superficie de la carretera por falta de pendiente transversal.- Medio (M): cantidades moderadas de agua estancada o evidencia de encharcamiento en la superficie de la carretera por tener forma de cuenco. (Figura 150)- Alto (A): grandes cantidades de agua estancada o evidencia de encharcamiento en la superficie de la carretera por presentar depresiones severas. (Figura 151)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 210 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

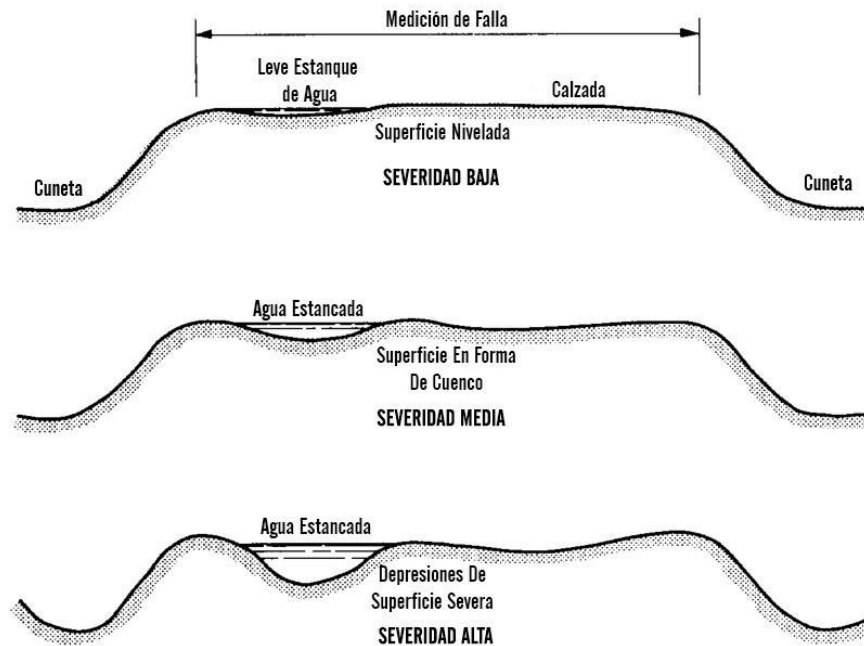


Figura 148: Medición de la pérdida del perfil transversal. ¹⁵³

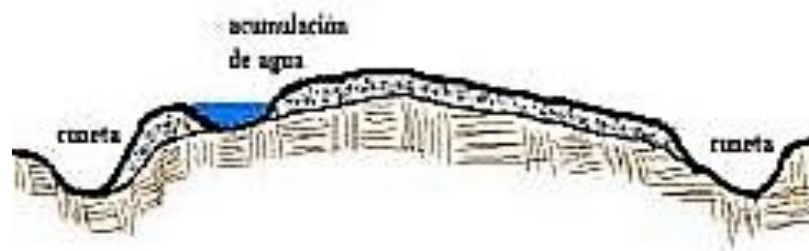


Figura 149: Esquema de pérdida del perfil transversal. ¹⁵⁴

¹⁵³ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁵⁴ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 211 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 150: Pérdida del perfil transversal de mediana severidad.¹⁵⁵



Figura 151: Pérdida del perfil transversal de alta severidad. ¹⁵⁶

¹⁵⁵ Fuente: Apuntes de Cátedra Vías II. (2019)

¹⁵⁶ Fuente: Paralelo 32. (2022)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 212 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 53: Drenaje inadecuado

Caminos no pavimentados	
Designación	Drenaje inadecuado
Descripción	Falta de capacidad de las cunetas y alcantarillas para evacuar los excedentes hídricos, acelerando los procesos de deterioro de los caminos. La ausencia de un sistema adecuado de drenaje, constituye una falla considerable.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none">- Diseño inadecuado del sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, etc.).- Incorrecto mantenimiento (crecimiento de vegetación, roturas, etc.)
Niveles de severidad	Se definen tres niveles de severidad, según: <ul style="list-style-type: none">- Bajo (B): pequeñas cantidades de agua estancada o evidencia de encharcamiento, crecimiento de vegetación o presencia de escombros en las cunetas. (Figura 153)- Medio (M): moderadas cantidades de agua estancada o evidencia de encharcamiento sobre la superficie de la carretera. Crecimiento excesivo de la vegetación y/o presencia de escombros en las cunetas. El material producto de la erosión de las cunetas, se encuentra en la calzada. (Figura 154)- Alto (A): grandes cantidades de agua estancada o evidencia de encharcamiento, crecimiento excesivo de vegetación y/o presencia de escombros en las cunetas. El material producto de la erosión de las cunetas, se encuentra en la calzada. (Figura 155 y Figura 156)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 213 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

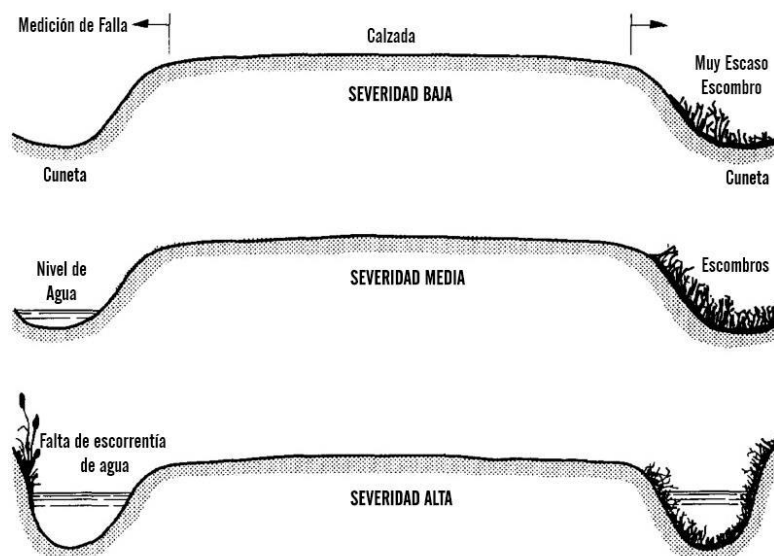


Figura 152: Medición de drenaje inadecuado. ¹⁵⁷



Figura 153: Drenaje inadecuado de baja severidad. ¹⁵⁸

¹⁵⁷ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁵⁸ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 214 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 154: Drenaje inadecuado de severidad media.¹⁵⁹



Figura 155: Drenaje inadecuado de alta severidad.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

¹⁶⁰ Fuente: Ing. Gordon Keller. (2014)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 215 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 156: Drenaje inadecuado de alta severidad. ¹⁶¹

Tabla 54: Ondulación/ Corrugación

Caminos no pavimentados	
Designación	Ondulación/Corrugación
Descripción	La ondulación, también conocida como “crestas” o serruchos, son fallas que se encuentran muy próximas entre sí, en intervalos regulares, generalmente menor a 1 metro y en dirección perpendicular al sentido del tránsito.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - El tráfico. - La erosión eólica. - El agregado en estado suelto por falta de cohesión del material de superficie. Con aceleración del proceso en épocas secas. Los materiales que presentan baja plasticidad, escasez de finos y agregados de tamaño mayor de 5 cm son más susceptibles de desarrollar este daño.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad, según:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): ondulaciones menores de 1 pulgada (2.5 cm) de profundidad. (Figura 159) - Medio (M): ondulaciones entre 1 y 3 pulgadas (2.5 y 7.5 cm) de profundidad. (Figura 160) - Alto (A): ondulaciones más profundas que 3 pulgadas (7.5 cm). (Figura 161)

¹⁶¹ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 216 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

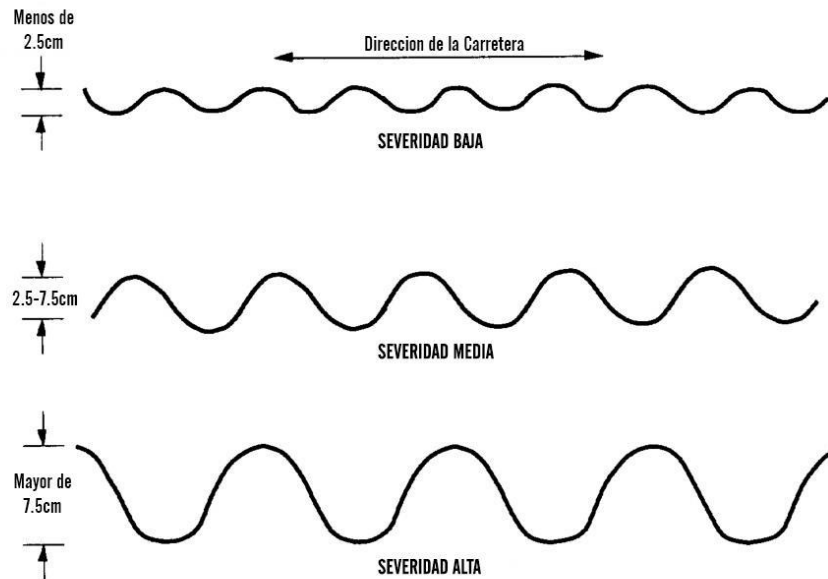


Figura 157: Medición de ondulaciones. ¹⁶²

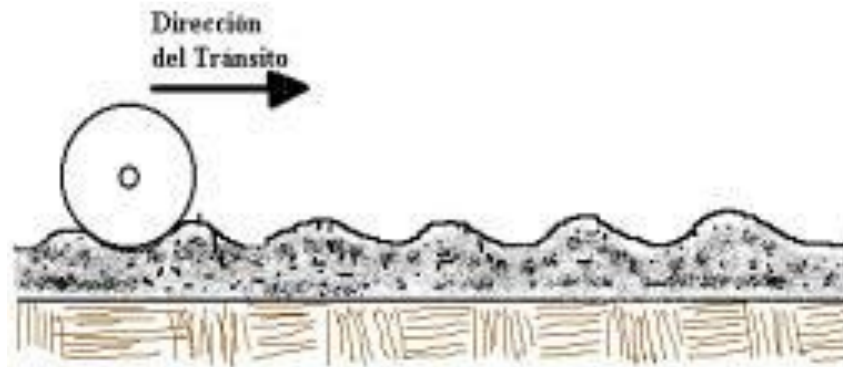


Figura 158: Esquema de ondulaciones. ¹⁶³

¹⁶² Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁶³ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 217 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 159: Corrugación/ ondulación de baja severidad. ¹⁶⁴



Figura 160: Corrugación/Ondulación de mediana severidad. ¹⁶⁵

¹⁶⁴ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁶⁵ Fuente: Outbackjoe. (2020)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 218 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 161: Corrugación/ Ondulación de alta severidad. ¹⁶⁶

Tabla 55: Polvo

Caminos no pavimentados	
Designación	Polvo
Descripción	Volatilidad del suelo producido por el tránsito, que reduce la visibilidad al formar una nube de polvo en suspensión, contribuyendo además a la contaminación ambiental.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - El tráfico - La erosión eólica. - El agregado en estado suelto por falta de cohesión del material de superficie. Con aceleración del proceso en épocas secas. Los materiales que presentan baja plasticidad, escasez de finos y agregados de tamaño mayor de 5 cm son más susceptibles de desarrollar esta falla.
Niveles de severidad	<p>Se definen tres niveles de severidad, según:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): el tráfico normal produce un polvo fino que no obstruye la visibilidad. (Figura 163) - Medio (M): el tráfico normal produce una nube moderadamente gruesa que obstruye parcialmente la visibilidad y requiere la reducción de la velocidad. - Alto (A): el tráfico normal produce una nube muy espesa que obstruye gravemente visibilidad y requiere una reducción significativa de la velocidad y/o detención de los vehículos. (Figura 165)

¹⁶⁶ Fuente: Physics. (2013)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 219 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

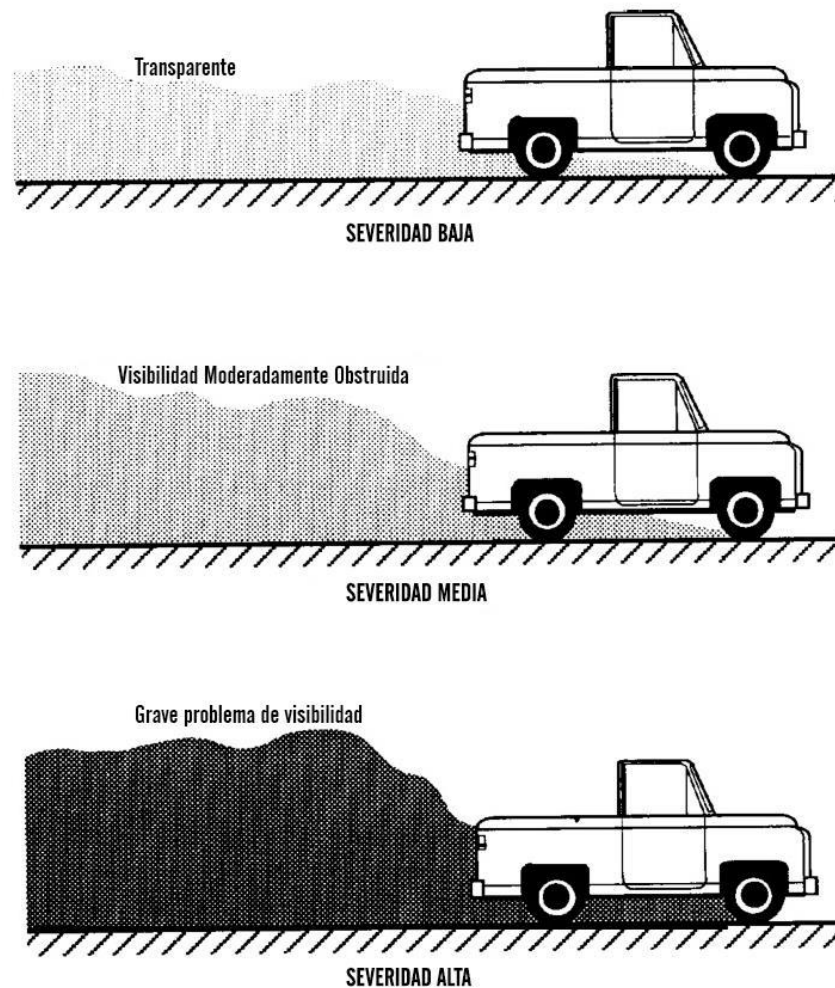


Figura 162: Polvo en suspensión. ¹⁶⁷

¹⁶⁷ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 220 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 163: Generación de polvo de baja severidad.¹⁶⁸



Figura 164: Generación de polvo de baja severidad.¹⁶⁹

¹⁶⁸ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

¹⁶⁹ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 221 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 165: Generación de polvo de alta severidad. ¹⁷⁰

Tabla 56: Baches y/o Deformaciones Localizadas

Caminos no pavimentados					
Designación	Baches y/o Deformaciones Localizadas				
Descripción	Depresiones cóncavas, generalmente con diámetros menores a 1 metro y de rápida evolución debido a la acumulación de agua que debilita las capas inferiores.				
Posibles causas	<p>Las causas son muy variadas como, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estado avanzado de oros deterioros, como corrugaciones, ahuellamientos, etc. - La combinación del tránsito, clima y características de materiales. - Tiende a desarrollarse durante la época húmeda, donde cualquier deformación en la superficie, posibilita la concentración de agua y por tanto el debilitamiento de dichas áreas. 				
Niveles de severidad	Los niveles de severidad están en función de su diámetro y profundidad.				
	Profundidad máxima	Diámetro medio			
		Menor a 30 cm	Entre 30 – 60 cm	Entre 60 – 1 m	Mayor a 1 m
		1,5 – 5 cm	L	M	M
		5 – 10 cm	L	A	A
Mayor a 10 cm	M	A	A	A	
Ver Figura 168, Figura 169 y Figura 170.					

¹⁷⁰ Fuente: Biplab Maharjan. (2019)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 222 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

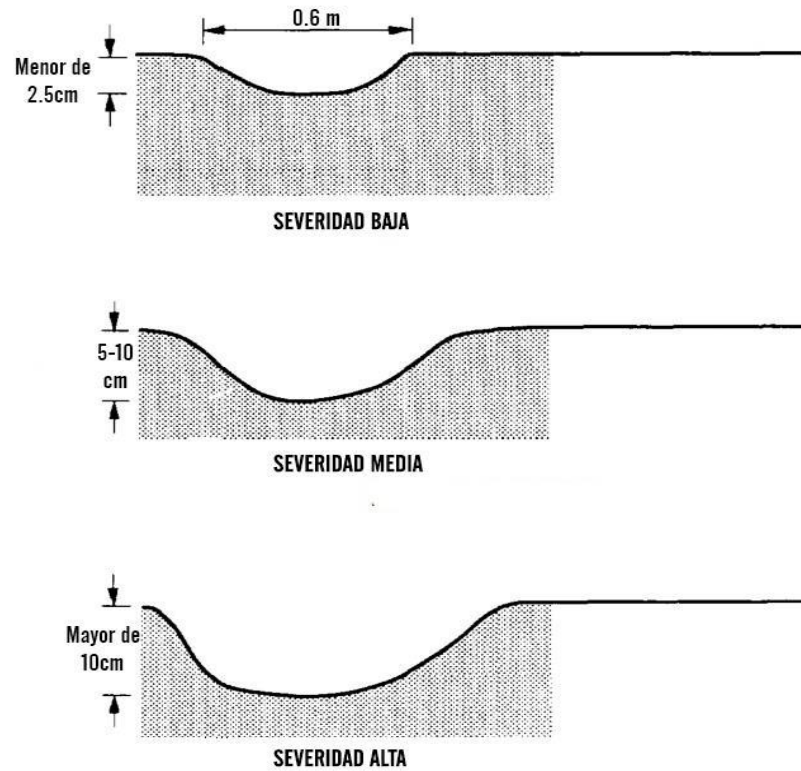


Figura 166: Medición de baches.¹⁷¹

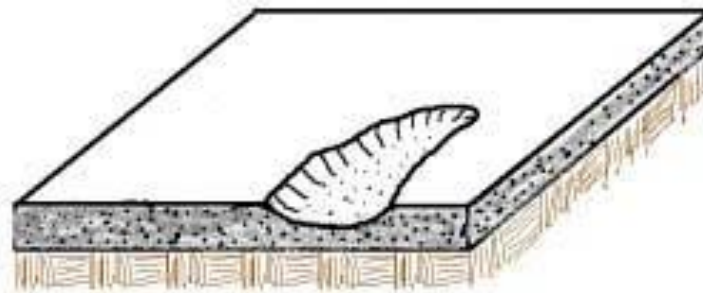


Figura 167: Esquema de baches.¹⁷²

¹⁷¹ Fuente: Sánchez Tamay, (2018)

¹⁷² Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 223 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 168: Bache de baja severidad.¹⁷³



Figura 169: Bache de severidad media.¹⁷⁴

¹⁷³ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

¹⁷⁴ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 224 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 170: Bache de alta severidad.¹⁷⁵

Tabla 57: Ahuellamiento

Caminos no pavimentados	
Designación	Ahuellamiento
Descripción	Deformación longitudinal permanente y continua, coincidente con las huellas del camino. En casos extremos, la calzada puede adoptar forma de W.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiencia estructural. - Acción de las cargas transmitidas por los neumáticos de los vehículos, y la frecuencia de la misma. - Características del material de superficie. - Drenaje: un contenido de agua excesivo se traduce en una reducción de la capacidad soporte de la capa granular y la subrasante. - Condiciones climáticas.
Niveles de severidad	Se definen tres niveles de severidad, según: <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): surcos con menos de 2,5 cm de profundidad. (Figura 173) - Medio (M): surcos entre 2.5 a 7.5 cm de profundidad. (Figura 174) - Alto (A): surcos más profundos que 7,5 cm. (Figura 175)

¹⁷⁵ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 225 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

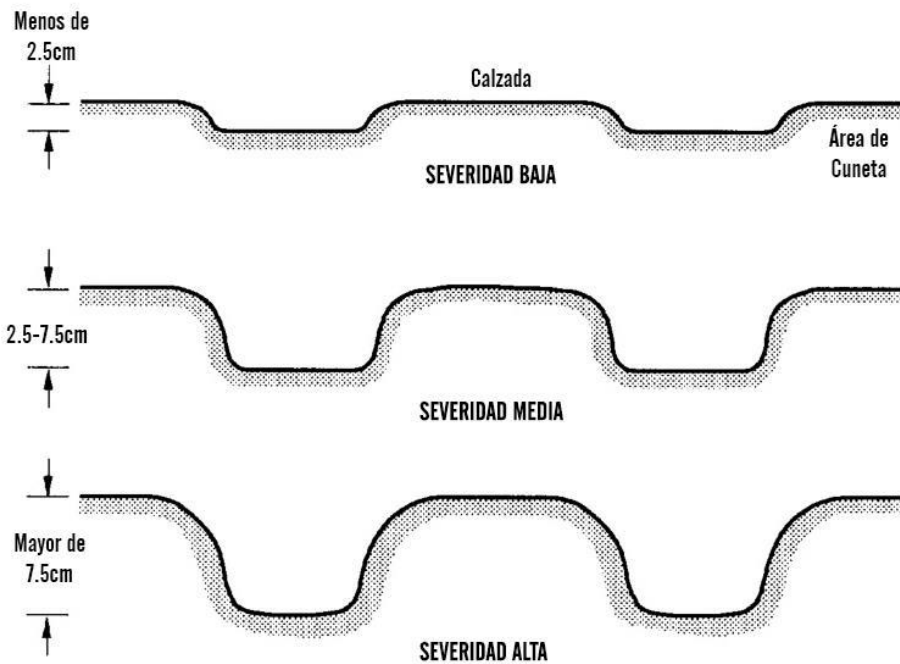


Figura 171: Medición de ahuellamiento.¹⁷⁶

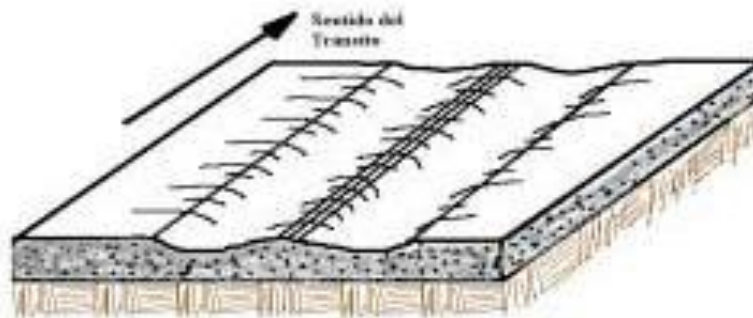


Figura 172: Esquema de ahuellamiento.¹⁷⁷

¹⁷⁶ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁷⁷ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 226 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 173: Ahuellamiento de baja severidad. ¹⁷⁸



Figura 174: Ahuellamiento de mediana severidad. ¹⁷⁹

¹⁷⁸ Fuente: Olano Rubio. (2016)

¹⁷⁹ Fuente: Olano Rubio. (2016)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 227 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 175: Ahuellamiento de alta severidad.¹⁸⁰

Tabla 58: Pérdida de agregados

Caminos no pavimentados	
Designación	Pérdida de agregados
Descripción	Separación de los agregados respecto de la capa de superficie, quedando los agregados en estado suelto, formando cordones a lo largo de la calzada.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito sobre la superficie carente de finos plásticos y con presencia de agregados cuyas partículas son mayores a 5 cm, que se separan de la superficie. - La falla se desarrolla con mayor rapidez cuando las partículas carecen de angulosidad. - Desplazamiento longitudinal de los agregados gruesos a las orillas de las huellas debido al tránsito. - Erosión eólica y pluvial.
Niveles de severidad	Se definen tres niveles de severidad, según: <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): agregado suelto en la superficie de la carretera, menor de 2,5 cm de espesor. (Figura 178)

¹⁸⁰ Fuente: Diccionario de Geotecnia. (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 228 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

	<ul style="list-style-type: none"> - Medio (M): agregado suelto entre 2,5 y 7 cm de espesor en la berma o en la calzada. Gran cantidad de partículas finas sobre la superficie de la calzada. (Figura 179) - Alto (A): agregado suelto mayor a 7,5 cm de espesor en la calzada o en la berma. (Figura 180)
--	--

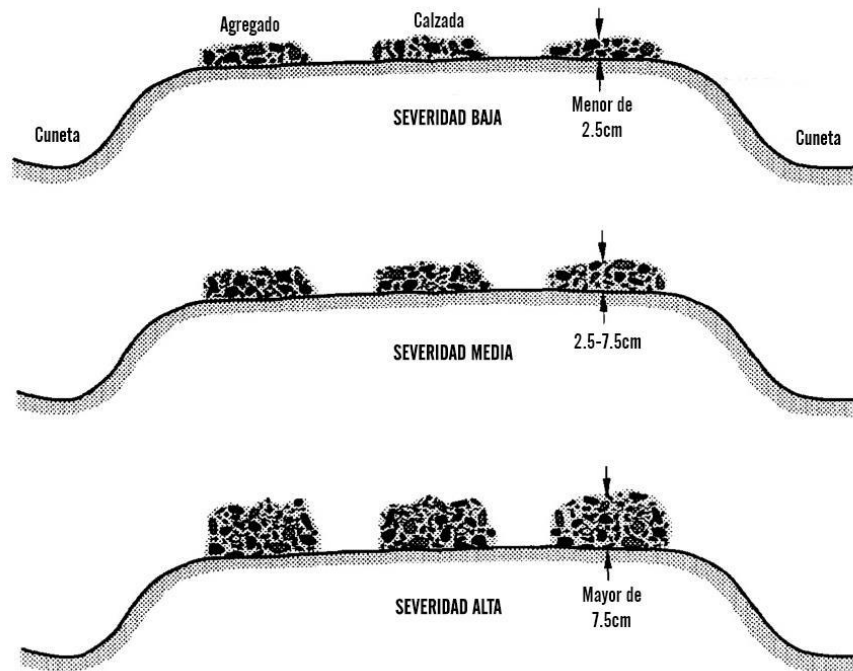


Figura 176: Medición de pérdida de agregados. ¹⁸¹

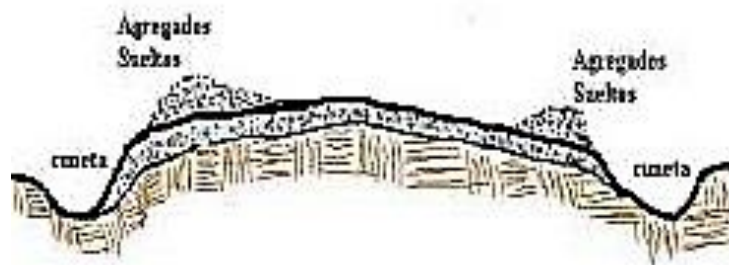


Figura 177: Esquema de pérdida de agregados. ¹⁸²

¹⁸¹ Fuente: Sánchez Tamay, (2018)

¹⁸² Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 229 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 178: Pérdida de agregados de baja severidad.¹⁸³



Figura 179: Pérdida de agregados de severidad media.¹⁸⁴

¹⁸³ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

¹⁸⁴ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 230 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 180: Pérdida de agregados de alta severidad.¹⁸⁵

Tabla 59: Erosión

Caminos no pavimentados	
Designación	Erosión
Descripción	Son surcos o canales erosivos originados por los escurrimientos de agua. Su gravedad resulta de la intensidad de los escurrimientos y del tipo del suelo en función del índice de plasticidad y granulometría.
Posibles causas	<ul style="list-style-type: none"> - Topografía accidentada con fuertes pendientes y curvas aumentan la intensidad de los escurrimientos. - Clima y drenaje: el drenaje deficiente favorece los escurrimientos sobre la superficie de la carretera.
Niveles de severidad	Se definen tres niveles de severidad, según: <ul style="list-style-type: none"> - Bajo (B): profundidad menor a 5 cm. (Figura 181) - Medio (M): profundidad entre 5 cm y 10 cm. (Figura 182) - Alto (A): Profundidad mayor o igual a 10 cm. (Figura 183)

¹⁸⁵ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 231 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 181: Erosión de baja severidad.¹⁸⁶



Figura 182: Surcos de erosión de mediana y alta severidad.¹⁸⁷

¹⁸⁶ Fuente: Sánchez Tamay. (2018)

¹⁸⁷ Fuente: Keller & Sherar. (2005)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 232 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 183: Surcos erosivos con alta severidad. ¹⁸⁸

4.1.3.1. **Tareas de conservación y mantenimiento en caminos rurales**

Las actividades de conservación y mantenimiento de este tipo de caminos, comienzan con la evaluación visual de las fallas, su posterior análisis cualitativo y se planifican en función de los deterioros y sus respectivos niveles de severidad de acuerdo con parámetros cuantitativos. Tales parámetros constituyen un sistema de referencia que sirve de guía para definir el estado del camino y establecer índices cuantitativos según las condiciones que se observan.





La Asociación Argentina de Carreteras (2018) sugiere que podemos clasificar los distintos tramos asignándoles valores entre 10 para caminos en perfectas condiciones y 0 para caminos prácticamente intransitables. (p.47). En función del valor asignado se define el tipo, intensidad y periodicidad de las tareas rutinarias de conservación.

Seguidamente se expone un cuadro comparativo ilustrado con fotos características y sus descripciones a fin de determinar el “índice de estado”

¹⁸⁸ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 233 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Tabla 60: Índice de estado.

Imagen comparativa	Estado	Deterioro Existente	Índice
 Figura 184 ¹⁸⁹	Muy bueno	<ul style="list-style-type: none"> - Irregularidades superficiales: escasas o nulas - Deformaciones localizadas: no hay - Ahuellamiento o deformación longitudinal: no hay - Corrugaciones u ondulaciones: no hay - Pérdida del perfil transversal: no hay - Pérdida de materiales: escaso o nulo - Drenaje: bueno 	9 a 10
 Figura 185 ¹⁹⁰	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> - Irregularidades superficiales: pocas - Deformaciones localizadas: bajas - Ahuellamiento o deformación longitudinal: apreciables - Corrugaciones u ondulaciones: mínimas - Pérdida del perfil transversal: escasa - Pérdida de materiales: escasa - Drenaje: bueno 	7 a 8
 Figura 186 ¹⁹¹	Regular	<ul style="list-style-type: none"> - Irregularidades superficiales: moderada - Deformaciones localizadas: media - Ahuellamiento o deformación longitudinal: importante - Corrugaciones u ondulaciones: algunas - Pérdida del perfil transversal: moderado - Pérdida de materiales: moderado - Drenaje: con deficiencias puntuales 	4 a 6
 Figura 187 ¹⁹²	Malo	<ul style="list-style-type: none"> - Irregularidades superficiales: elevadas - Deformaciones localizadas: altas - Ahuellamiento o deformación longitudinal: excesivo - Corrugaciones u ondulaciones: apreciables - Pérdida del perfil transversal: importante - Pérdida de materiales: apreciable - Drenaje: malo 	1 a 3

¹⁸⁹ Fuente: Aysantamariallanos. (2020)

¹⁹⁰ Fuente: Keantian-123RF. (2021)

¹⁹¹ Fuente: Aves bonaerenses. (2012)

¹⁹² Fuente: Radio Sobrenivel. (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 234 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



A modo de resumen también podemos expresar los criterios y condiciones de camino según:

Tabla 61: Criterios y condiciones de camino.¹⁹³

Estado del camino	Criterios y condiciones de camino
Muy bueno	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial. - Circulación sin restricciones durante el año. - Obras de arte y drenajes en muy buen estado y limpias. - La velocidad de circulación puede ser mayor a 60 km/h en tramos rectos.
Bueno	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie de rodadura no presenta deterioros apreciables. - Circulación sin restricciones durante todo el año. - Obras de arte en buen estado y drenajes limpios. - La velocidad promedio de circulación es entre 40 y 60 km/h en tramos rectos.
Regular	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie de rodadura presenta deterioro superficial, baches y hundimientos puntuales. - Circulación sin restricciones durante el año, pero con precaución en zonas puntuales. - Obras de arte con daños menores y drenajes parcialmente obstruidos. - La velocidad promedio de circulación es entre 20 y 40 km/h en tramos rectos.
Malo	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie de rodadura presenta deterioros, deformaciones apreciables, hundimientos y baches. - Circulación restringida durante ciertos períodos del año. - Obras de arte insuficientes, drenajes insuficientes y obstruidos. - La velocidad de circulación es menor a 20 km/h en tramos rectos.
Muy malo	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches. - Circulación restringida durante la mayor parte del año. - Obras de arte y drenajes insuficientes, además de obstruidos. - La velocidad de circulación es menor a 10 km/h en tramos rectos.

A continuación, se describen las tareas de conservación en este tipo de caminos, según el Manual de Caminos Rurales de la Asociación Argentina de Carreteras (2018):

¹⁹³ Fuente: Cárdenas Robles. (2012)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 235 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- **Perfilado sin extracción lateral:** consiste en el perfilado liviano efectuado con motoniveladora, palas de arrastre, rabastos, en el que solo se rectifican irregularidades de superficie del camino reconvirmando la pendiente transversal. No se intervienen taludes ni cunetas. Para realizar estas tareas el camino no debe observarse erosionado ni con demasiada pérdida de material, en cuyo caso debería realizarse su alteo o reconvirformación. La utilización de equipos de arrastre, sin alternar con reconvirformado, pueden ocasionar severas pérdidas de material.
- **Perfilado con extracción lateral:** consiste en extraer suelo desde taludes y contrataludes. Se busca con esta acción restituir el perfil erosionado del camino. Se puede realizar con motoniveladora exclusivamente o utilizarse además rastra y tractor para desmenuzar el suelo. Debe evitarse la incorporación de material vegetal en la zona de rodamiento. Para esto puede ser útil realizar la tarea en dos etapas, una primera de roturación del suelo de préstamos con disco y luego de un período en el que se seca la materia vegetal, se incorpora al terraplén del camino.
- **Reconstrucción con extracción lateral:** este trabajo requiere la utilización de otro equipamiento además de motoniveladora, como retroexcavadora, pala cargadora o topadora, ya que es necesario extraer suelo en grandes proporciones siguiendo los mismos lineamientos descritos en el punto anterior.

Para los trabajos de conservación de rutina es necesario establecer estándares mínimos a cumplir, de modo de asegurar a los usuarios la transitabilidad requerida. Una vez definidas las políticas de intervención y conociendo los recursos disponibles, tales como la maquinaria vial con sus respectivos costos de operación, cantidad de personal, número de días probables de intervención, etc. se establece la frecuencia de mantenimiento.

Para esto se estima la frecuencia anual de cada tarea, programando en el tiempo los sectores a intervenir. En promedio, para la generalidad de los caminos de la provincia de Córdoba, se han estimado tiempos de 1.200 horas netas de operación anuales. Esto significa alrededor de 145 días de trabajo al año. El resto de los días del año se consideran improductivos debido a lluvias, feriados, fines de semana, tareas de mantenimiento en los equipos, etc.).

En el cuadro siguiente (a modo ejemplo) se relacionan los tipos de camino con las intervenciones a realizar para una red de 1000 km de longitud.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 236 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 62: Tipos de tarea, índice de estado y cantidad de intervenciones anuales según la categoría de camino.¹⁹⁴

Tipo de Camino	Reconstrucción c/ Extracción Lateral (ID 1 a 3)	Perfilado c/ Extracción Lateral (ID 4 a 6)	Perfilado s/ Extracción Lateral (ID 7 a 8)
Principal	0.5	1	8
Secundario	0.2	1	5
Terciario	0.1	0.5	2

La aplicación de la Tabla 62 presenta los trabajos de conservación rutinaria que anualmente hay que ejecutar en dicha red de caminos para mantenerla en condiciones adecuadas de transitabilidad. Esta intervención plurianual (número de intervenciones anuales) está basada en las diferentes variables, propias o intrínsecas, como el tipo de suelo y externas como el clima, tránsito, etc. que actúan sobre el camino produciendo distintos tipos de deterioros.

Ejemplos de políticas de intervención según el índice de deterioro:

- **Reconstrucción con extracción lateral:** se aplica cuando el índice de estado del camino es muy bajo, ID 1 a 3, con grandes ahuellamientos, escasez de obra básica, pérdida de material, pérdida del perfil transversal y malos drenajes. Se deberá realizar este tipo de tarea para reconstruir la obra básica, subir el nivel de la rasante y mejorar el abovedamiento (cota roja y flecha) de la sección transversal. Dicha operación se realiza en tándem con motoniveladoras o con niveladoras de arrastre, ayudadas con una rastra de disco para la roturación del suelo. Esta tarea se aconseja en épocas secas o con el suelo ligeramente húmedo, cuando el nivel freático ha bajado lo suficiente como para poder hacer la extracción lateral del suelo para su incorporación al camino. En zonas puntuales del camino y cuando el ancho de la obra básica se vea disminuido por plantaciones o arbustos se deberá efectuar una tarea de limpieza con retroexcavadora o topadora y camiones para su transporte.

¹⁹⁴ Fuente: Asociación Argentina de Carreteras. (2018)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 237 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- **Perfilado con extracción lateral:** se aplica cuando el índice de estado del camino es regular, entre 4 a 6, con moderadas irregularidades superficiales, pocos ahuellamientos, moderada pérdida del perfil transversal y drenajes tapados, se deberá realizar un perfilado con extracción lateral. Esta tarea permitirá realizar la limpieza de las cunetas y la recuperación del perfil transversal de la calzada sin la necesidad de realizar grandes movimientos de suelos. Se ejecuta con motoniveladora o con tractor con niveladoras de arrastre.
- **Perfilado liviano sin extracción lateral:** se trata de una operación de perfilado liviano que sirve generalmente para eliminar los ahuellamientos y las irregularidades superficiales longitudinales y transversales. La obra básica, cuyo índice de estado está comprendido entre 7 y 8, se mantiene intacta. Esta tarea se realiza con rabasto o niveladora de arrastre traccionada con tractor, lo que significa un bajo costo operativo. El número de repasos anuales que deben efectuarse varía en función del tipo de suelo, del tránsito y principalmente de la intensidad y cantidad de precipitaciones. Esta operación generalmente se ejecuta después de las lluvias sobre una superficie de rodamiento ligeramente húmeda, pero nunca en épocas de sequías, puesto que el deterioro que se produce es mayor que lo que se pretende corregir.

Otras tareas complementarias a realizar son:

- **Corte de pasto:** si se realiza el mantenimiento periódico sobre la calzada, en las banquetas se requiere solamente el corte de pasto, sin necesidad de realizar la reconstrucción del camino. Esta tarea debe complementarse con el desmalezado con motoguadañas de las cabeceras de alcantarillas.
- **Construcción de terraplenes con extracción lateral:** cuando el ancho de la zona de camino es suficiente, como generalmente ocurre en caminos de la red primaria, se realizan alteos con extracción lateral de suelos para levantar tramos puntuales con posibilidades de anegamientos. Esta operación requiere de retroexcavadoras, palas de arrastre, topadoras, motoniveladoras y equipos de compactación de arrastre o autopropulsados.
- **Construcción de terraplenes con transporte de suelos:** se aplica para los caminos de la red secundaria y terciaria de escaso ancho de zona de camino o donde no hay disponibilidad de suelos laterales para extraer. En estos casos para

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 238 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



la construcción del terraplén, el suelo se lo deberá transportar de otros lugares. Esta tarea se podrá efectuar con retroexcavadoras o palas cargadoras, camiones volcadores para su transporte, motoniveladoras y equipos de compactación de arrastre o autopropulsados.

- **Desagües:** comprende la limpieza y desobstrucción de cunetas y alcantarillas, reposición de caños y construcción de nuevas alcantarillas tipo caño; tareas que deben realizarse en forma plurianual. Es frecuente observar las alcantarillas con sus bocas tapadas por la excesiva erosión o con suelos provenientes del mismo perfilado del camino. Anualmente se debe efectuar su limpieza y desobstrucción, ya que las mismas tareas de conservación rutinaria tienden a taparlas. También se deberán eliminar árboles caídos, malezas y sedimentos que se ubiquen en sitios inmediatos a la entrada o la salida de las alcantarillas, como también en las zonas de los desagües longitudinales o cunetas.
- **Reposición de caños de alcantarillas:** se debe efectuar el reemplazo de los caños ya que, por escasez de tapada o por descalce del tubo (como consecuencia de la erosión del suelo), no resisten las cargas pesadas, sobre todo en épocas de cosechas. Debe tenerse en cuenta el reemplazo por alcantarillas de sección hidráulica equivalente, teniendo en cuenta en todos los casos los lineamientos explicados en Aspectos Básicos de Hidrología, Capítulo 2: Hidráulica y Drenaje, del Manual de Caminos Rurales (2018).

4.2. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El catálogo configurado es un instrumento accesible en cuanto a su portabilidad e interpretación y es de fácil aplicación para el diagnóstico y tratamiento de fallas. Permite una evaluación inmediata de los problemas que puede presentar un camino, las causas que los pudieron provocar y las alternativas de mantenimiento para cada nivel de severidad. Requiere nada más que instrumentos y equipos también accesibles y fáciles de transportar.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 239 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 5 : DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 240 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO

El tramo de camino sobre el que se hizo esta investigación corresponde al camino secundario S425, que une las localidades de Montecristo y Capilla de los Remedios en la provincia de Córdoba (Figura 188).



Figura 188: Ubicación del tramo de estudio.

Este sector forma parte de la Llanura Pampeana, en la denominada pampa loésica alta, caracterizada por una pendiente natural hacia el este, como se aprecia en las curvas de nivel de la Figura 189, como así también en el modelo digital de elevaciones de la Figura 190, en la cual se observa mediante la diferenciación por colores las distintas alturas. El camino S425 se encuentra a una altura promedio de 330 m s.n.m.

Según Quintana Crespo (2005,2011), los sedimentos predominantes en esta zona y que constituyen el material parental de los suelos de la Serie Montecristo son los loess pampeanos: sedimentos de origen eólico depositados en las épocas de mayor aridez del

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 241 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Cuaternario, formados por una mineralogía compuesta, con una fracción de fragmentos rocosos, cuarzo, feldespato, anfíboles en tamaño limo (5 – 50 micras) provenientes del barrido eólico de las zonas patagónicas y cordilleranas del suroeste del país; y otra fracción denominada puzolánica, conformada por cenizas volcánicas provenientes de los episodios de volcanismo explosivo ocurridos durante el Cuaternario en la zona cordillerana.

Geomorfológicamente forma parte de la planicie fluvioeólica central; el camino en cuestión atraviesa el paleoabanico aluvial del río Suquía y del río Xanes, como se muestra en la Figura 192.

Para el estudio del sector se emplearon métodos basados en la interpretación y análisis digital de los rasgos geomorfológicos a través de las cartas de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)¹⁹⁵ y modelos digitales de elevación del Instituto Geográfico Nacional (IGN), utilizando como herramienta para dicho análisis el software libre Quantum Gis (Qgis).

Por último, se definen las características del sitio del tramo según el mapa de uso vial de la Figura 191, en la cual observa que el camino s425 se encuentra en la zona 3 de dicho mapa. Esta zona comprende gran parte de la provincia, aquí prevalecen los suelos A4, aquellos suelos de origen loésicos. Son suelos que presentan valores muy bajos de plasticidad como consecuencia de una fracción arcillosa, muy escasa en la parte central y prácticamente nula en los sectores meridionales del territorio de la provincia. Posee actividad puzolánica, como resultado de la presencia de cenizas volcánicas en la masa de suelo.

¹⁹⁵ <https://mapascordoba.gob.ar/viewer/#!/mapa/334>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 242 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

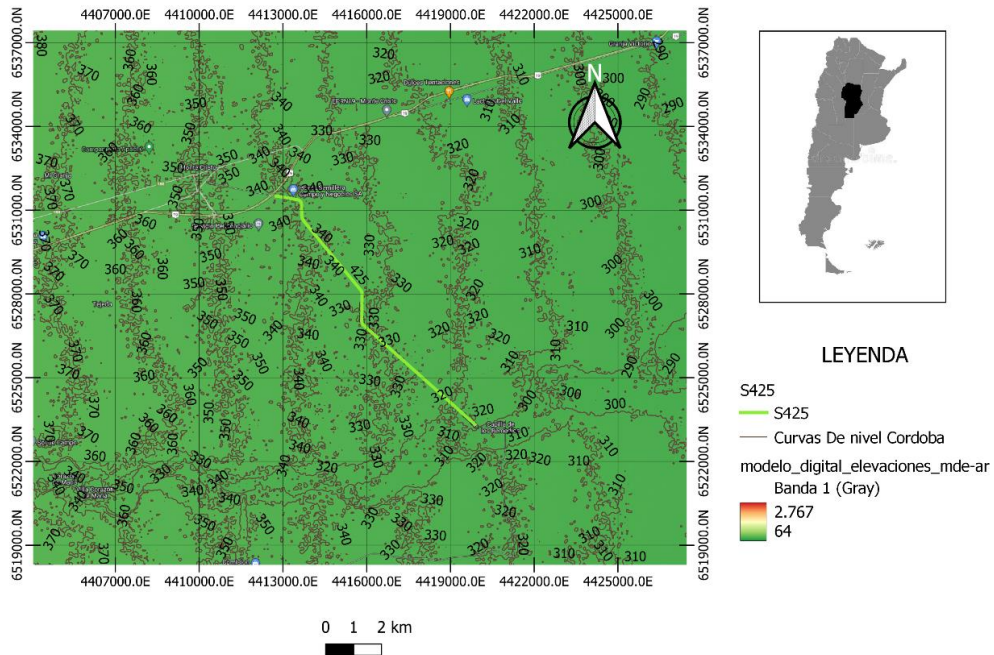


Figura 189: Curvas de nivel.

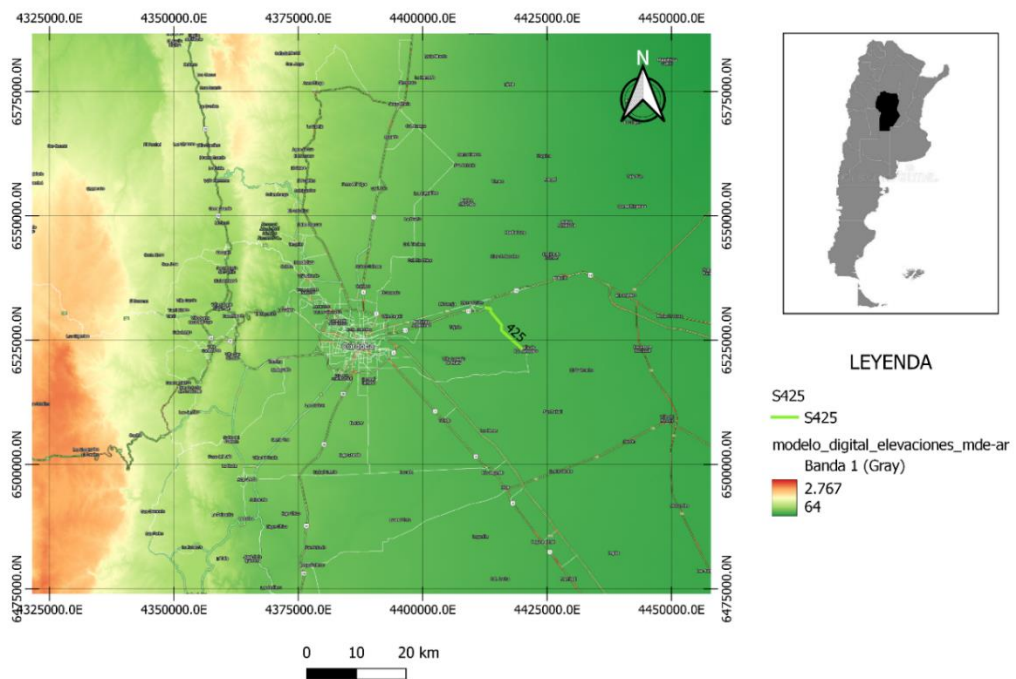


Figura 190: Modelo digital de elevaciones.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 243 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

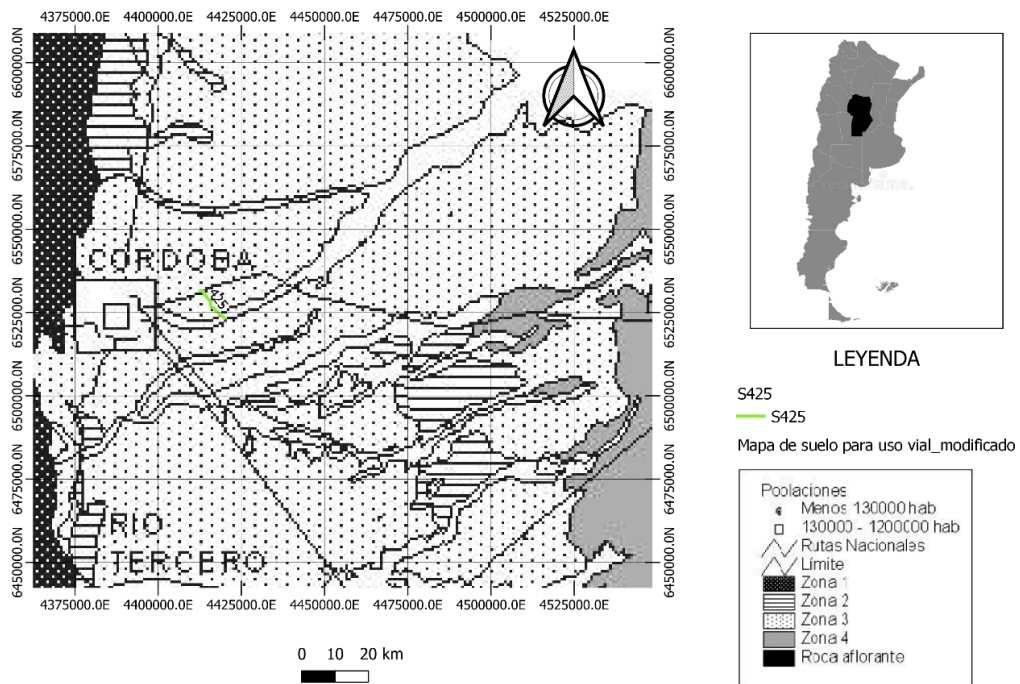


Figura 191: Camino s425 en mapa de uso vial.

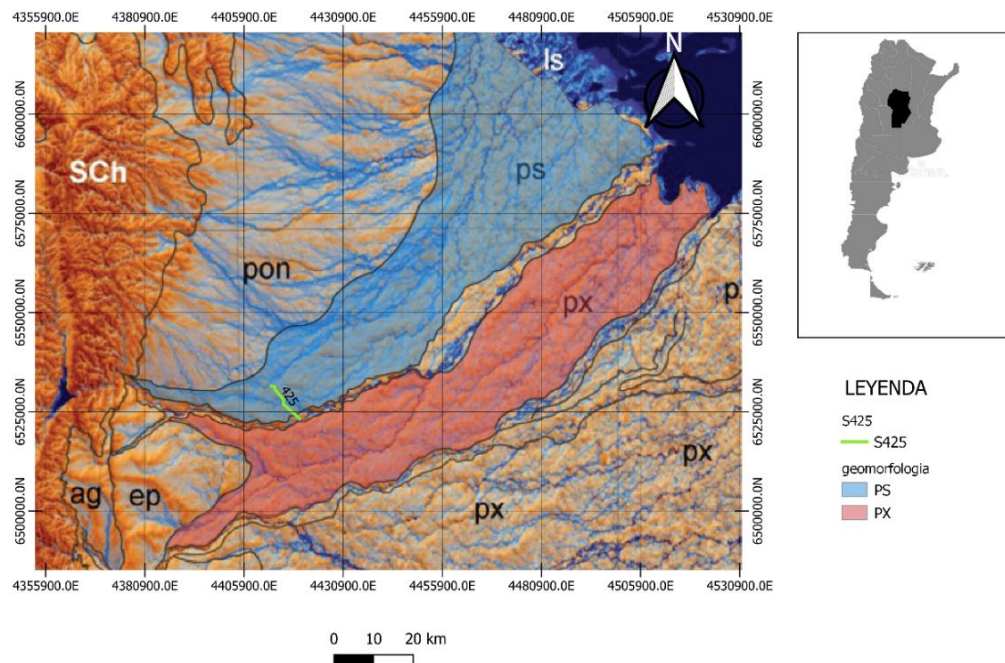


Figura 192: Camino s425 en el modelo digital del terreno de la provincia de Córdoba. PFEC= Planicie fluvioeólica central. ps= Paleoabanico aluvial del río Suquía. px= Paleoabanico aluvial del río Xanes. ¹⁹⁶

¹⁹⁶ Fuente: Carignano, Krohling, Degiovanni, & Cioccale, (2014)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 244 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Según lo expuesto por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el tramo del camino S425 se encuentra en el sector central de la carta 3163-20- Villa del Rosario, sobre la unidad cartográfica de suelos denominada consociación de Monte cristo (secciones verde oscuro en la Figura 194), posee en promedio un índice de productividad de 76, una fase poco anegable con índice de productividad de 61 (representada en color verde claro en la Figura 194), capas arenosas de origen fluvial (representadas en amarillo, Figura 194) y los sedimentos aluvionales del Río Suquía (representados en anaranjado, Figura 194).

Los suelos de las fases poco anegables son profundos y bien drenados y ocupan los sectores ligeramente cóncavos en las líneas de escurrimiento dentro de un ambiente de planos altos o lomas extendidas. Por su posición, reciben el aporte de agua de los suelos vecinos más altos, por lo que en años normales pueden sufrir anegamiento durante los períodos lluviosos. Sin embargo, este anegamiento es de corta duración y no afecta mayormente el uso del suelo. En años secos, estos suelos están mejor provistos de humedad que los de la loma lo que los hace aptos para agricultura.

En resumen, la serie Monte Cristo presenta un haplustol típico, limosa fina, mixta y térmica. Es un suelo profundo, bien drenado, desarrollado a partir de sedimentos loésicos de textura franco limosa sobre un paisaje de lomas planas muy extendidas ubicadas al norte del río Suquía (o río Primero). El horizonte superficial (A) tiene 20 cm de espesor, de color pardo grisáceo muy oscuro, con estructura en bloques subangulares, en la técnica vial tradicional parte de la eliminación de los primeros 20-30 cm de suelo superior, para eliminar raíces, pasturas, materia orgánica y establecer el nivel de subrasante, lo cual sabe significar la extracción de la capa u horizonte A.

El subsuelo, horizonte Bw, presenta un leve enriquecimiento de arcillas iluviales con estructura en bloques débiles y escasos barnices en las caras de los agregados que se extiende hasta 42 cm de profundidad. Luego de una transición (BC), el material originario del suelo se encuentra a 70 cm de profundidad, es franco limoso, masivo, con material calcáreo libre en la masa del suelo. La reacción en todo el perfil es ligeramente ácida a neutra. No presenta alcalinidad ni salinidad en todo el perfil.

Descripción del perfil:

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 245 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



El perfil que representa el modal de la serie fue descrito a 4,7 km al oeste de la localidad de Capilla de los Remedios, departamento Río Primero, provincia de Córdoba.

- A_p** 0-20 cm; color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2); franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior abrupto, suave.
- B_w** 20-42 cm; color en húmedo pardo oscuro (7,5YR3/2); franco limoso a franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escasos barnices húmicos arcillosos finos; límite inferior claro, suave.
- BC** 42-67 cm; color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados a débiles; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; vestigios de barnices arcillosos; escasos durinódulos medios; límite inferior abrupto, suave.
- C_k** 67 cm a +; color en húmedo pardo (7,5YR5/4); franco limoso; masivo; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; abundante carbonato pulverulento en la masa del suelo; cementado localmente el 30% de su volumen.

Figura 193: Descripción del perfil típico, serie Monte Cristo. ¹⁹⁷

¹⁹⁷ Fuente: INTA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 246 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 63: Datos analíticos, serie Monte Cristo. ¹⁹⁸

Situación: Latitud: 31°24'17"S Longitud: 63°47'33"O Altitud: 335 m.s.n.m.

Horizonte	A _p	B _w	BC	C _k	
Profundidad de la muestra (cm)	0-20	22-42	42-67	67 a +	
Materia Orgánica (%)	2,41	1,38	0,69	0,34	
Carbono Orgánico (%)	1,4	0,8	0,4	0,2	
Nitrógeno total (%)	0,18	0,13			
Relación C/N	7,6	6,3			
Arcilla, <2 μ (%)	23,7	26,3	21,6	16,6	
Limo, 2-50 μ (%)	63,7	64,4	66,1	63,5	
Arena muy fina, 50-100 μ (%)	7,9	7,6	7,9	9,4	
Arena fina, 100-250 μ (%)	2,5	2,7	2,8	3,6	
Arena media, 250-500 μ (%)	0,5	0,5	0,5	1,5	
Arena gruesa, 500-1000 μ (%)	1,0	0,9	1,1	4,9	
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)	0,2	0,2	0,4	1,3	
Arena total (%)	12,1	11,9	12,7	20,7	
Carbonatos, CaCO ₃ (%)	0	0	0	5,3	
Equivalente de humedad (%)	23,2	24,2	22,2	22,0	
pH en pasta	6,1	6,5	7,3	8,2	
pH en agua (1:2,5)	6,3	6,7	7,4	8,9	
Cationes de intercambio, cmol/kg:	Ca ⁺⁺	14,3	15,3	14,6	
	Mg ⁺⁺	2,2	1,9	1,6	
	Na ⁺	0,1	0,9	0,2	0,4
	K ⁺	1,9	1,1	1,21	2,0
H ⁺ de cambio (cmol/kg)	1,3	0,8	0,3		
Sodio de intercambio, % (PSI)	0,5	4,7	1,1	2,9	
Suma de bases, cmol/kg (S)	18,6	18,4	17,6		
Capacidad de intercambio catiónico, cmol/kg (T)	19,6	19,3	17,8	13,7	
Saturación con bases, % (S/T)	95	95	99		

¹⁹⁸ Fuente: INTA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 247 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

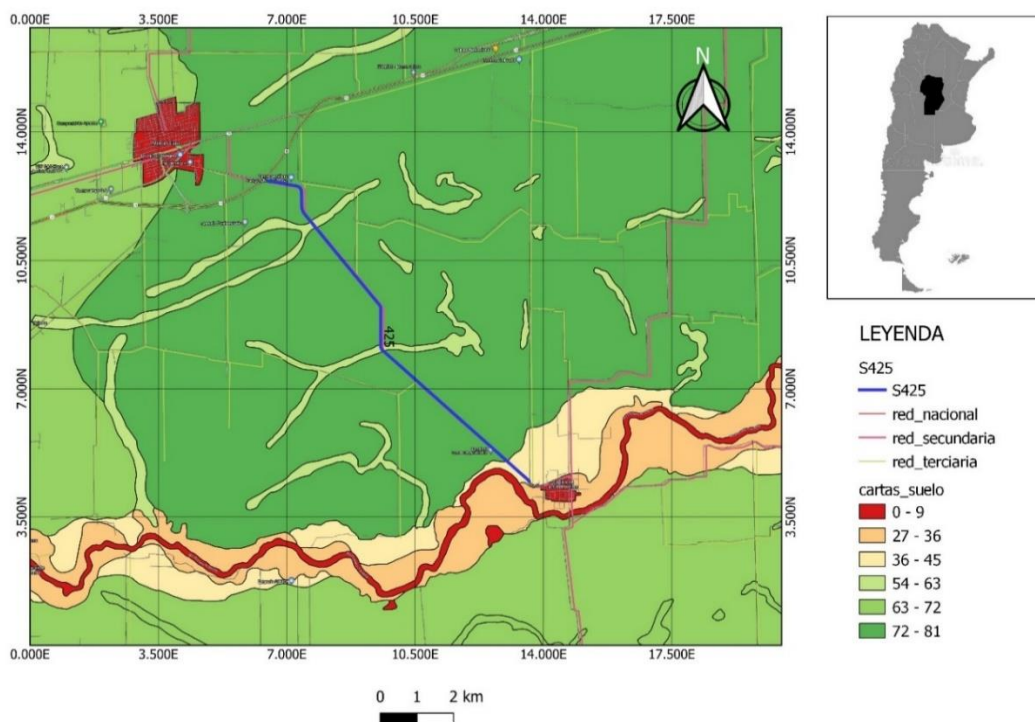


Figura 194: Carta de suelo zona de estudio (intervalos de índice de productividad representados por colores).

5.1.1. Topografía

La serie de Monte Cristo fue cartografiada al norte del río Suquía y está vinculada a un relieve de lomas planas muy extendidas, dónde las pendientes no superan el 0,5% de desnivel. Son suelos que presentan como única limitación, la climática natural del área, constituyendo los suelos agrícolas de la misma. Exigen prácticas de manejo y conservación simples, fundamentalmente aquellas que apuntan a la acumulación y conservación de la humedad.

La topografía en un radio de 3 km de Monte Cristo contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 33 m y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 350 m. En un radio de 16 km contiene solamente variaciones modestas de altitud (151 m), mientras que en un radio de 80 km contiene variaciones grandes de altitud (2.024 m).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 248 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

El área en un radio de 3 km de Monte Cristo está cubierta en un 87% por tierras de cultivo; en un radio de 16 km las tierras de cultivo ocupan un 84% y en un radio de 80 km las tierras de cultivo alcanzan el 66% y los arbustos un 15%.

5.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

5.2.1. Temperaturas

En Monte Cristo, los veranos son calurosos, húmedos y mojados; los inviernos son cortos, fríos y secos y está mayormente despejado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de -0 °C o sube a más de 35 °C.

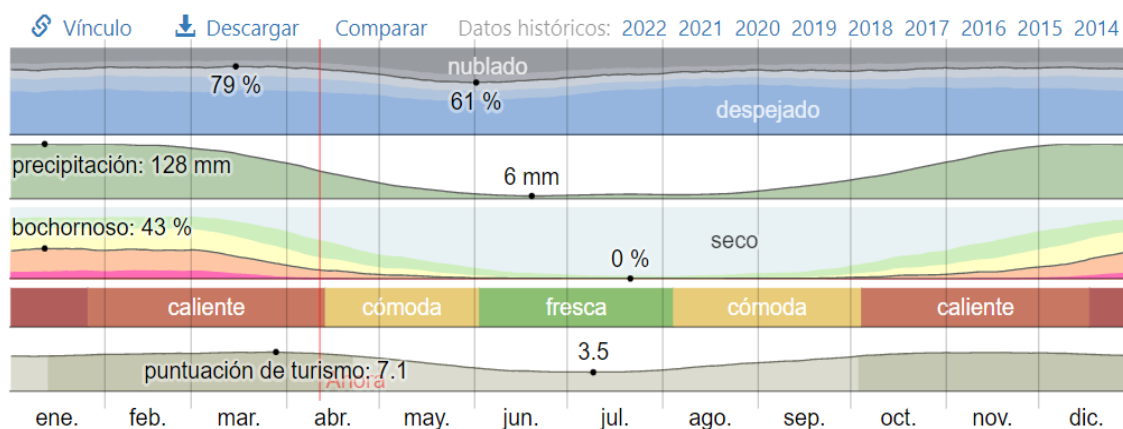


Figura 195: Clima en Monte Cristo. ¹⁹⁹

Las temperaturas medias en la Localidad de Monte cristo, oscilan entre 5° y 10° en los meses de mayo, junio y Julio; entre 14° y 19°, en los meses de abril, Setiembre y octubre y superan los 20° en noviembre, diciembre y enero.

5.2.1.1. Temperatura promedio en Monte Cristo

La temporada calurosa dura 3,8 meses, se extiende aproximadamente desde mediados de noviembre hasta los primeros días de marzo y la temperatura máxima, promedio diaria,

¹⁹⁹ Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 249 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

supera los 27°C. El mes más cálido del año en Monte Cristo es enero, con una temperatura máxima promedio de 30°C y mínima de 19°C.

La temporada fresca dura 2,8 meses, se extiende desde los últimos días de mayo y la primera quincena de agosto y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20°C. El mes más frío del año en Monte Cristo es julio, con una temperatura mínima promedio de 5 °C y máxima de 17 °C.

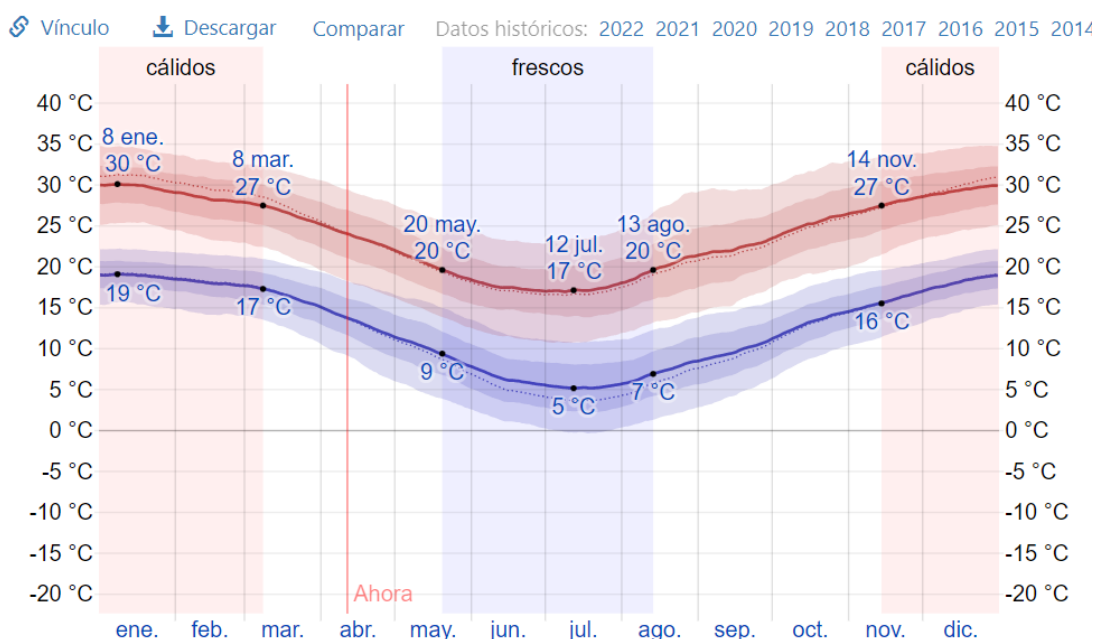


Figura 196: Temperatura máxima y mínima promedio en Monte Cristo. ²⁰⁰

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	30 °C	28 °C	27 °C	24 °C	20 °C	17 °C	17 °C	20 °C	22 °C	25 °C	28 °C	29 °C
Temp.	24 °C	23 °C	21 °C	18 °C	14 °C	11 °C	11 °C	13 °C	15 °C	19 °C	21 °C	24 °C
Mínima	19 °C	18 °C	16 °C	13 °C	10 °C	6 °C	5 °C	7 °C	10 °C	13 °C	16 °C	18 °C

²⁰⁰ La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 250 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

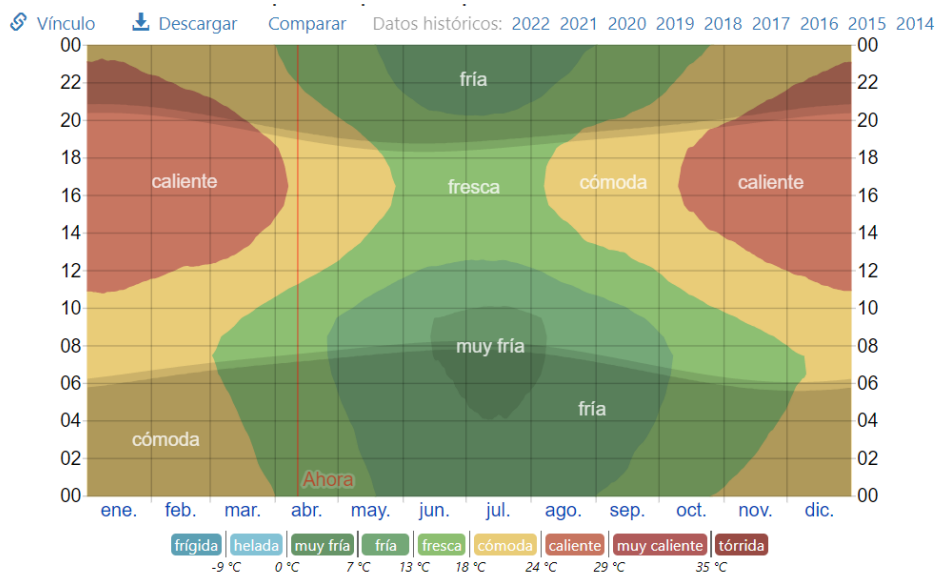


Figura 197: Temperatura promedio por hora en Monte Cristo. ²⁰¹

²⁰¹ Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 251 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

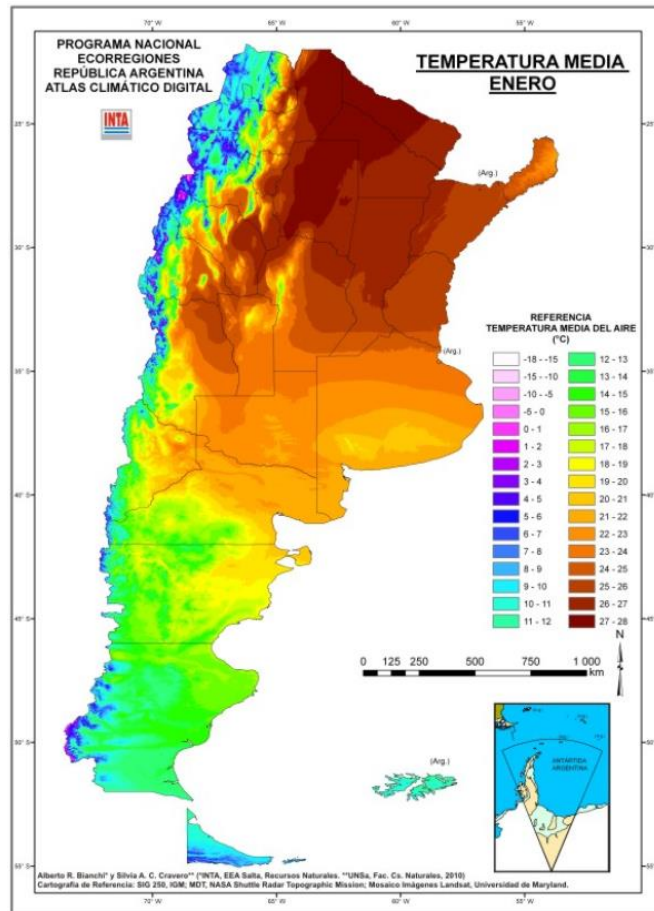


Figura 198: Mapa digital de temperaturas medias mensuales del mes más cálido (ENERO).

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 252 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

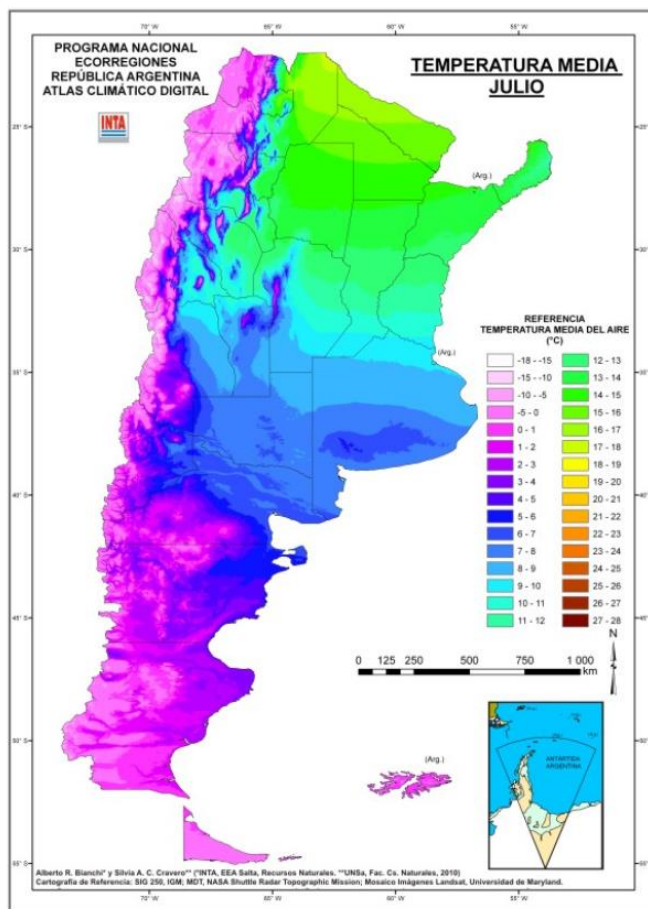


Figura 199: Mapa digital de temperaturas medias mensuales del mes más frío (JULIO).

5.2.1.2. Nubes

“En Monte Cristo, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía poco en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Monte Cristo comienza aproximadamente el 24 de julio; dura alrededor de 9 meses y termina aproximadamente el 1 de mayo.

El mes más despejado del año en Monte Cristo es marzo, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 79 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 1 de mayo; dura alrededor de 3 meses y termina aproximadamente el 24 de julio.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 253 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

El mes más nublado del año en Monte Cristo es junio, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 37 % del tiempo” (Weather Sparck, 2022).

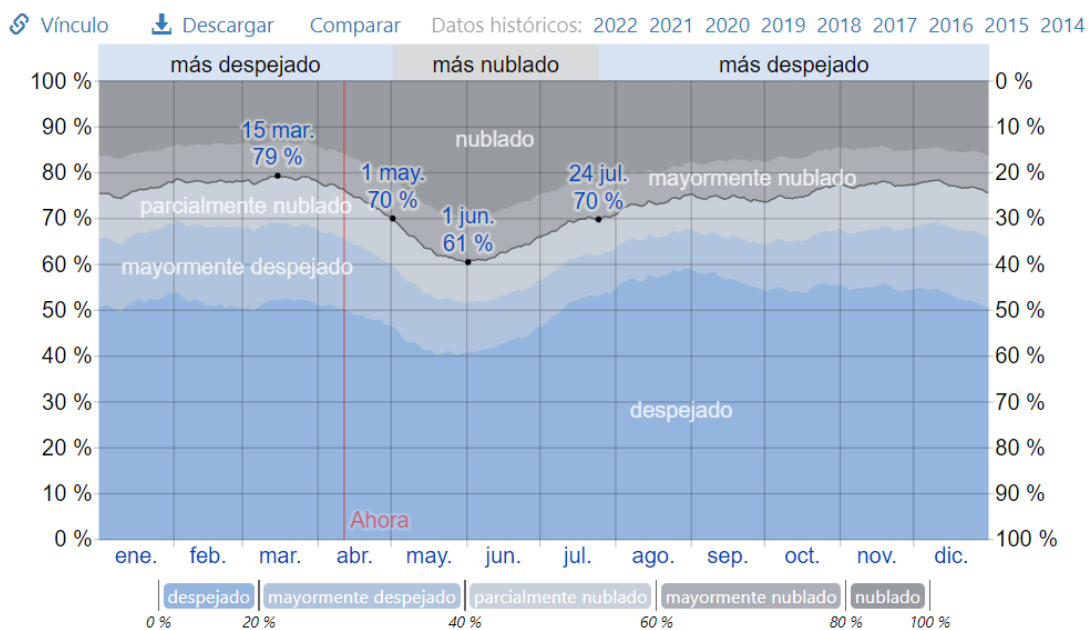


Figura 200: Categoría de nubosidad en Monte Cristo. ²⁰²

Fracción	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Más nublado	24 %	22 %	21 %	26 %	36 %	37 %	31 %	26 %	26 %	24 %	23 %	23 %
Más despejado	76 %	78 %	79 %	74 %	64 %	63 %	69 %	74 %	74 %	76 %	77 %	77 %

5.2.2. Hidrología

5.2.2.1. Precipitación

“Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Monte Cristo varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 5,9 meses, de 16 de octubre a 12 de abril, con una probabilidad de más del 22 % de que cierto día será un día

²⁰² El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 254 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

mojado. El mes con más días mojados en Monte Cristo es diciembre, con un promedio de 12,2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura alrededor de 6 meses, del 12 de abril al 16 de octubre aproximadamente. El mes con menos días mojados en Monte Cristo es agosto, con un promedio de 1,3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Monte Cristo es diciembre, con un promedio de 12,2 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 41 % el 22 de diciembre”. Weather Sparck. (2022)

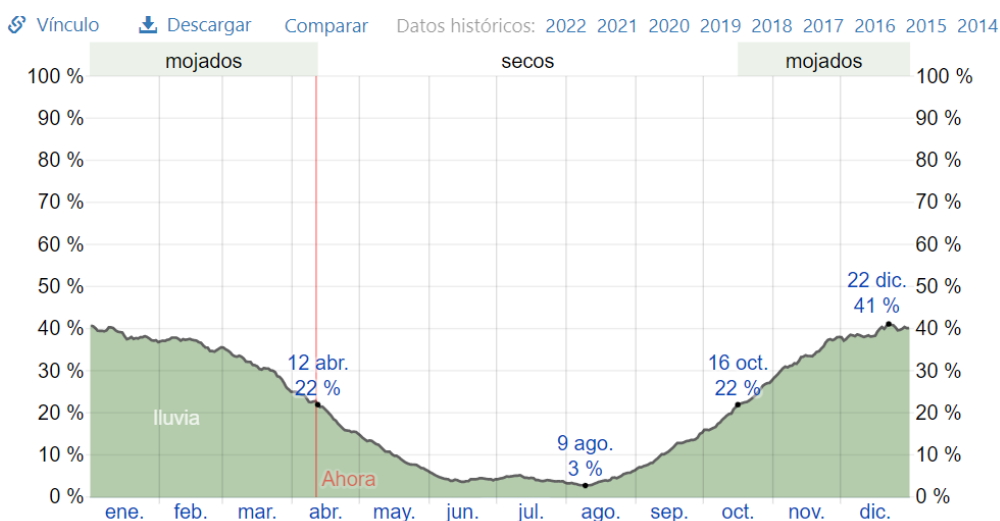


Figura 201: Probabilidad diaria de precipitación en Monte Cristo. ²⁰³

Días de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	12,0dd.	10,2dd.	9,5dd.	5,9dd.	3,0dd.	1,3dd.	1,3dd.	1,3dd.	3,4dd.	6,7dd.	10,1dd.	12,2dd.

Lluvia

“Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una

²⁰³ El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día). Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 255 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Monte Cristo tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 9,2 meses, del 23 de agosto al 29 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Monte Cristo es enero, con un promedio de 127 milímetros de lluvia.

El período del año sin lluvia dura 2,8 meses, del 29 de mayo al 23 de agosto. El mes con menos lluvia en Monte Cristo es junio, con un promedio de 7 milímetros de lluvia”. Weather Sparck. (2022)



Figura 202: Promedio mensual de lluvia en Monte cristo. ²⁰⁴

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	127,1mm	124,9mm	104,1mm	58,7mm	22,0mm	6,7mm	10,0mm	10,4mm	29,0mm	62,3mm	107,1mm	126,9mm

5.2.2.2. Sol

La duración del día en Monte Cristo varía considerablemente durante el año. En 2022, el día más corto es el 21 de junio, con 10 horas y 6 minutos de luz natural; mientras que el día más largo es el 21 de diciembre, con 14 horas y 12 minutos de luz natural.

²⁰⁴ La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un período de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 256 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

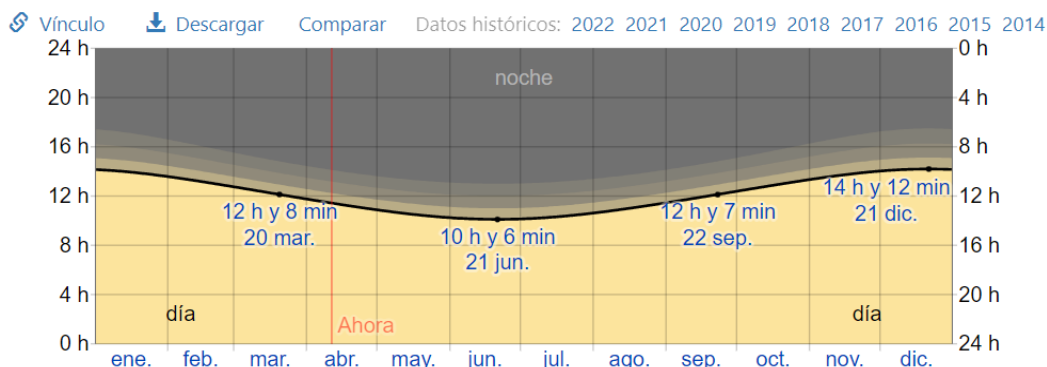


Figura 203: Horas de luz natural y crepúsculo en Monte Cristo.²⁰⁵

Horas de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Luz natural	13,9h	13,2h	12,2h	11,3h	10,5h	10,1h	10,4h	11,0h	11,9h	12,9h	13,7h	14,2h

La salida del sol más temprana es a las 06:03 el 4 de diciembre, y la salida del sol más tardía es 2 horas y 12 minutos más tarde a las 08:15 el 1 de julio. La puesta del sol más temprana es a las 18:19 el 10 de junio, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 5 minutos más tarde a las 20:24 el 8 de enero. No se observó el horario de verano (HDV) en Monte Cristo durante el 2022.

²⁰⁵ La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 257 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

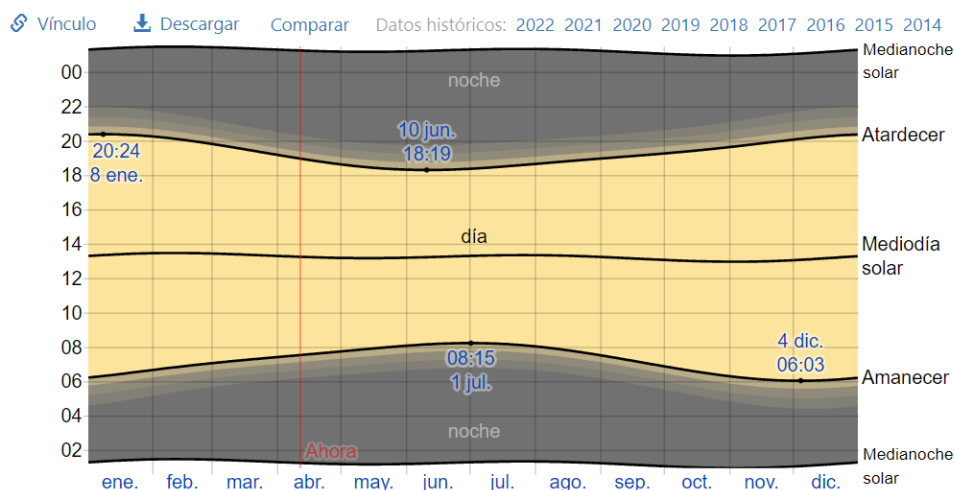


Figura 204: Salida y puesta de sol con crepúsculo en Monte cristo. ²⁰⁶

5.2.2.3. Humedad

Se basa según el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda. En Monte Cristo la humedad percibida varía considerablemente.

El período más húmedo del año dura 5,0 meses, del 20 de noviembre al 18 de abril, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 11 % del tiempo. El mes con más días bochornosos en Monte Cristo es enero, con 12,8 días bochornosos o peor. El mes con menos días bochornosos en Monte Cristo es julio, con 0,0 días bochornosos.

²⁰⁶ El día solar durante el año 2022. De abajo hacia arriba, las líneas negras son la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar. El día, los crepúsculos (civil, náutico y astronómico) y la noche se indican por el color de las bandas, de amarillo a gris. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 258 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

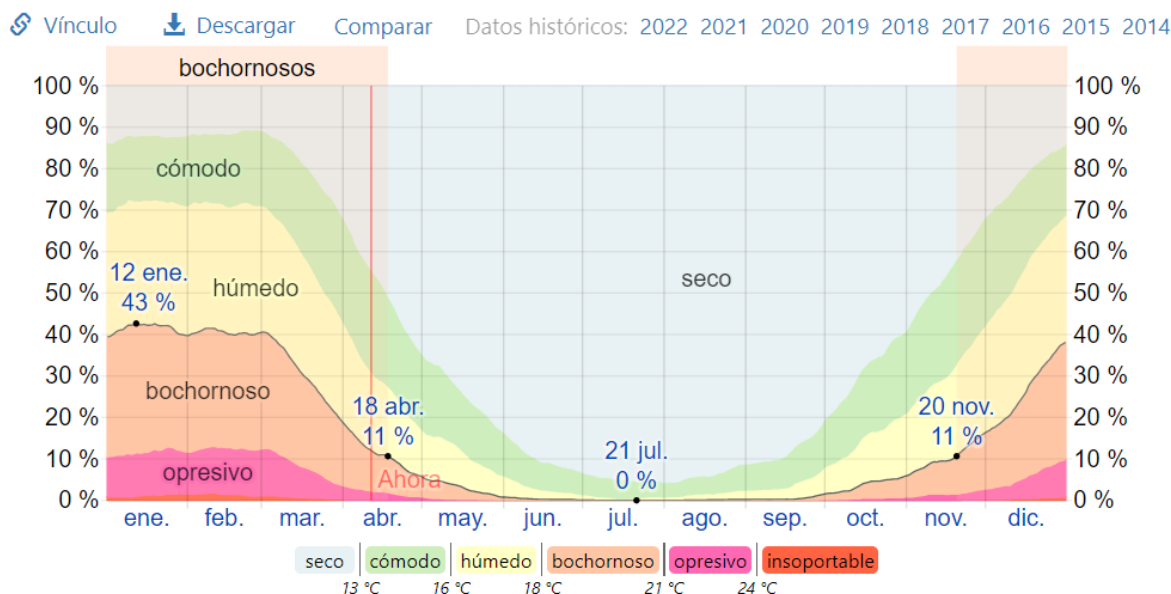


Figura 205: Niveles de comodidad de la humedad en Monte Cristo. ²⁰⁷

5.2.2.4. Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Monte Cristo tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

El gráfico de la Figura 206 muestra que el lapso más ventoso del año dura 4,8 meses, del 20 de julio al 13 de diciembre, con velocidades promedio del viento de más de 8,9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Monte Cristo es septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 10,3 kilómetros por hora.

El tiempo menos ventoso del año registrado dura 7,2 meses, del 13 de diciembre al 20 de julio. El mes más calmado del año en Monte Cristo es marzo, con vientos a una velocidad

²⁰⁷ Porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío. Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 259 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

promedio de 7,6 kilómetros por hora. En la siguiente figura observamos el promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º.

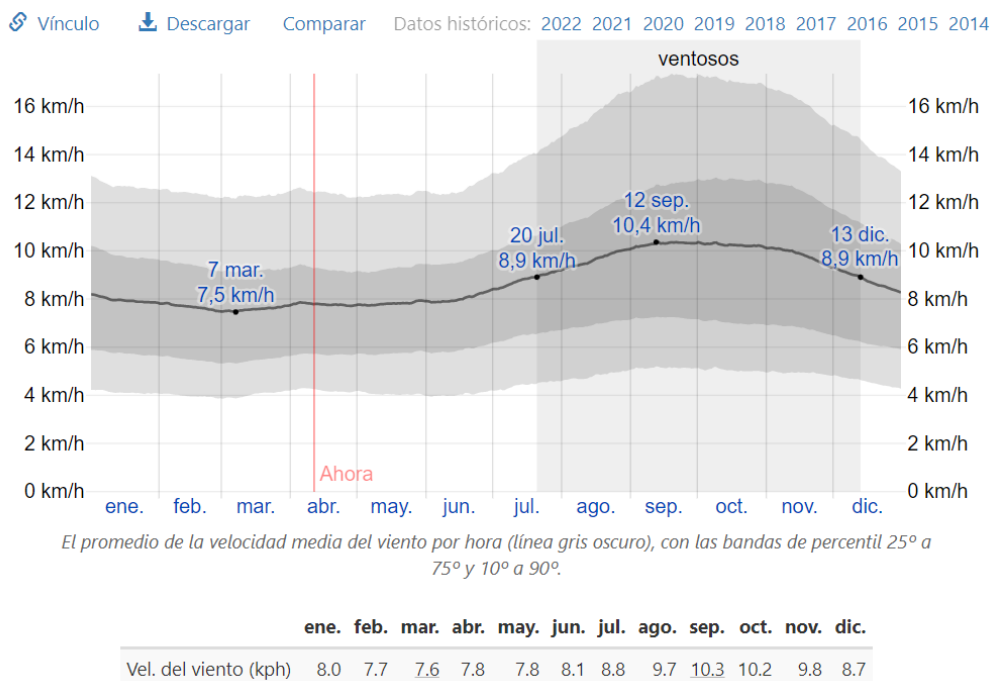


Figura 206: Velocidad promedio del viento en Monte Cristo. ²⁰⁸

La dirección del viento promedio por hora predominante en Monte Cristo es del Norte durante el año. En la siguiente imagen se muestra el porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste)

²⁰⁸ Fuente: Weather Sparck

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 260 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

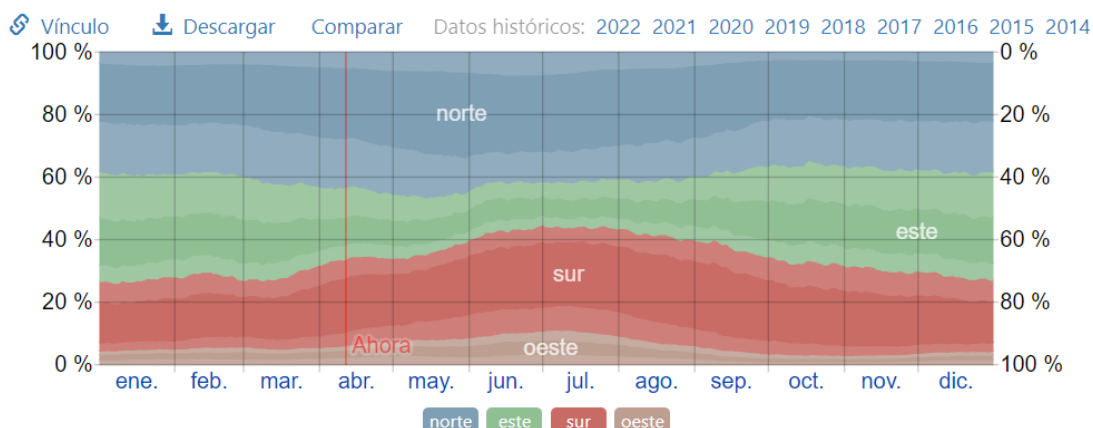


Figura 207: Dirección del viento en Monte Cristo.²⁰⁹

5.3. TRÁNSITO

La mayor parte de los caminos que conforman la red vial secundaria de la provincia de Córdoba, no poseen información sobre el tránsito de los mismos. A pesar de este inconveniente y de acuerdo con las actividades que se desarrollan en esa región, se puede decir que el camino S425 es transitado por un alto porcentaje de vehículos pesados, ya que hay canteras, una planta semillera, Feedlot, y campos dedicados a la actividad agropecuaria.

Red Vial Provincial	
Nombre	S425
Código	S42510-01
Tipo	Camino
Regional	4
Nombre de consorcio	MONTECRISTO
Nro Consorcio	C.C. 035
Estado	No Pavimentado
Red	Secundaria

Figura 208: Detalle de camino S425.²¹⁰

²⁰⁹ Fuente: Weather Sparck

²¹⁰ Fuente: Geoportal IDE de la prov, de Córdoba

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 261 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



5.4. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El tramo del camino S425 es representativo de los caminos de la red secundaria de la parte central del territorio provincial, ya que es una vía de tránsito pesado, debido a que atraviesa una zona de producción agropecuaria y por la presencia de empresas e instalaciones como canteras, feedlots y plantas semilleras.

Respecto al uso vial, al encontrarse en la zona 3 del mapa (Figura 11), prevalecen los suelos A4, estos suelos presentan valores muy bajos de plasticidad y poseen actividad puzolánica, todas estas características permiten un buen intercambio iónico en la estabilización iónica, por lo tanto al haber menos presencia de agua, el suelo adquiere mayor densidad y se logra compactar con menor esfuerzo, mejorando aún más la capacidad portante de la subrasante estabilizada, logrando un suelo estable en cualquier época del año, a fin de poder soportar mejor las cargas del tránsito. Por otro lado, la información obtenida de las cartas de suelo está orientada principalmente al agro, pero permitió analizar las condiciones físicas y químicas del suelo para estimar los resultados de las estabilizaciones.

Una subrasante compuesta de loess pampeanos que implica una reactividad con la cal y otros conglomerantes como el cemento utilizado para la estabilización, la cual es función directa del predominio de la fase cristalina (cuarzo/feldespatos) o de la fase vítrea (puzolánica).

“En cuanto a los factores climáticos las estabilizaciones de suelo con agentes químicos tales como la cal, el cemento o productos iónicos son dependientes en gran medida de la temperatura y de la disponibilidad de agua, para poder desarrollar el objetivo para el cual son agregados al suelo”. Quintana & Lozano Menehem (2021).

Todos los procesos de estabilización química se desarrollan a mayor velocidad en los meses más cálidos, en cambio cuando las temperaturas son bajas (5°-10°) pueden requerir de hasta el doble de tiempo para lograr el mismo resultado y, la existencia de heladas puede interferir en las reacciones químicas esperadas.

Por todo esto los meses de marzo y abril son los más adecuados para materializar las estabilizaciones en los tramos, ya que la temporada con máximas temperaturas termina los primeros días de marzo, comenzando un período con temperaturas más estables que rondan en promedio los 21 °C. La temporada seca comienza los primeros días de abril y desde diciembre a julio se presenta el período menos ventoso del año en la localidad de Monte

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 262 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Cristo. Las heladas en la zona ocurren generalmente entre la última semana de mayo y la primera de setiembre. Seleccionando así los meses con excelentes condiciones climáticas para realizar los trabajos y los procesos de estabilización. Aunque las precipitaciones inesperadas también fueron tenidas en cuenta. Por su posición, la zona de estudio recibe el aporte de agua de los suelos vecinos más altos, por lo que en años normales pueden sufrir anegamiento durante los períodos lluviosos. Sin embargo, este anegamiento es de corta duración y no afecta mayormente el uso del suelo.

En cuanto a la topografía, el valor de pendiente de la zona en que se encuentra el tramo a estabilizar, está muy relacionada con el grado de erosión que puede existir en el terreno, de la velocidad con que el agua puede correr superficialmente y, en definitiva, de la necesidad de un mayor o menor grado de estabilización. El área de estudio está vinculada a un relieve de lomas planas muy extendidas, donde las pendientes no superan el 0,5% de desnivel. Son suelos que presentan como limitación principal la climática natural del área, pero estos valores tan bajos de pendiente, señala la posibilidad de que el agua de lluvia se mantenga por períodos prolongados en la superficie de la calzada, o en las cunetas, configurando un factor a tenerse en cuenta para los mantenimientos futuros.

Para poder experimentar las estabilizaciones materializadas con el fin de que las capas a realizar cumplan con los objetivos de las “mejoras progresivas”, se tuvo en cuenta la serviciabilidad de los tramos tratados, así como las condiciones climáticas reinantes.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 263 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 6 : CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 264 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



6.1. ESTABILIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS

La estabilización de caminos rurales, surge de las diferentes situaciones problemáticas a las que se enfrentan las sociedades rurales y el campo argentino, es una necesidad que debe ser satisfecha debido a que son vías esenciales para el traslado de personas y el transporte de productos de y hacia los distintos puntos de la zona rural. La red vial no está en condiciones de cumplir con la serviciabilidad requerida y las principales problemáticas vinculadas a estos caminos son, entre otros, la falta de mantenimiento, cotas de camino por debajo de los campos, cunetas con desechos o con vegetación alta, falta de alcantarillas, algunos de estos problemas son vinculados a inundaciones, otros derivados de la erosión, y otros productos del tránsito y de las cargas excesivas.

Por estos motivos, desde la provincia se impulsan iniciativas privadas, investigaciones y materializaciones, basadas en el concepto estructural de estabilizaciones a partir de la ejecución de estructuras livianas de bajo costo, de modo que, antes de llegar a un deterioro irreparable, donde el índice de serviciabilidad sea considerado como “malo” o “muy malo” y se pierda toda la inversión realizada en tal camino, se ejecuten refuerzos que lleven a la estructura realmente necesaria en función del tránsito y de los porcentajes de pesados. Este tipo de plan de trabajo parte de la utilización de políticas denominadas: “mejoras progresivas”.

En esta línea de trabajo, las firmas VAWA SACICI y AFEMA ejecutaron tres tramos experimentales con estructuras livianas de baja capacidad portante.

Se realizaron tres tramos de 200 m, con diferentes estructuras y tipos de estabilizantes.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 265 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

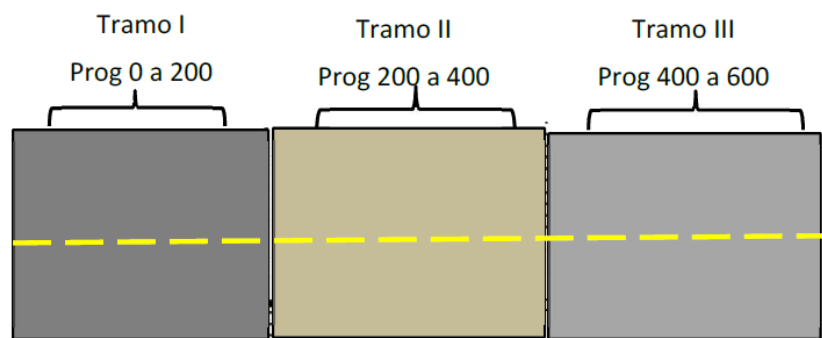


Figura 209: Esquematización de tramos. ²¹¹

A continuación, se detallan las tareas realizadas en cada tramo, ilustradas con muestras fotográficas de algunos procesos constructivos, proporcionadas por la empresa VAWA-AFEMA y con registros propios obtenidos en el transcurso de la investigación.

6.1.1. Tramo 1

Este tramo (prog. 0 - prog. 200), es caracterizado por la participación de aditivos iónicos en su estabilización. Su estructura está compuesta por:

Estructura	Emulsión asfáltica E.A.I reforzada con arena	1 lt/m ² + Arena gruesa húmeda
	Suelo A4 + Cemento portland + aditivo iónico (espesor = 20 cm)	2 % de cemento + 2,5 cm ³ cada 100 kg de mezcla seca

6.1.1.1. Tareas realizadas

Lunes 22/03/2021, soleado y con temperaturas de 28°, a las 16hs se realizaron las siguientes tareas:

1. Chequeo topográfico para correcciones de rasante.
2. Restitución de galibo y obtención del perfil transversal proyectado.
3. Distribución de cemento sobre los primeros 100 m (Progresiva 0 a 100) sobre la rasante revisada y corregida (6 bolsones en 100 m y se reforzó con un bolsón más en los primeros 50 m. Cada bolsón contiene 700 kg de cemento. Esta tarea se realizó con pala frontal y motoniveladora, obteniendo un resultado heterogéneo por m².

²¹¹ Fuente: Relevamiento e informe, personal dpto. Tecnología y laboratorio/ división de mezclas y tecnología de asfalto. (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 266 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



4. Mezclado de este material, con reclamadora en un ancho de 2,40 m y espesor de trabajo de 20 cm.
5. Determinación de la humedad natural (13,6%, 14,5%, 15,4% y 11,5%) optando por una media de 14,5%, teniendo en cuenta que el valor de la humedad óptima de la mezcla es 17,5%, se aplicó con camión regador de agua el aditivo iónico (6 litros) diluido en 6000 litros de agua como faltante.
6. Mezclado con reclamadora con el fin de homogeneizar la humedad.
7. Compactación con rodillo pata de cabra vibrante (una pasada).
8. Perfilado con motoniveladora.
9. Dos pasadas de rodillo liso vibrante.

Martes 23/03/2021, soleado y con temperaturas de 28°C, por la mañana:

1. Compactación final entre progresivas 0 a 100, realizando tres pasadas adicionales de rodillo liso, previo perfilado con motoniveladora. Simultáneamente se repite la acción de distribución de cemento en los 100 m siguientes (progresiva 100 a 200). Con el fin de lograr una distribución más homogénea del cemento en la superficie, la misma fue realizada a mano con cepillos.
2. Mezclado con reclamadora del suelo con cemento.
3. Distribución del aditivo iónico (6 litros), con camión regador, diluido en 6000 litros de agua como faltante.
4. Se posterga para compactar a la tarde del mismo día.
5. A media tarde comienza la compactación con 3 pasadas de pata de cabra.
6. Perfilación con motoniveladora.
7. Recompactación con tres pasadas de rodillo liso (equipo mediano combinado liso + neumático) y se procede a hacer la topografía de los 200 m correspondientes al primer tramo. A continuación, se corta dicha cancha entre las progresivas 0 a 200. Debido a que tiene menor laboreo con motoniveladora, se evitan los solapes y se mejora la terminación superficial.

Miércoles 24/03/2021, día soleado por la mañana y con lloviznas por la tarde.

1. Barrido de la superficie para liberar de polvillo y de las capas sueltas que se solaparon por el tipo de trabajo aplicado en la capa tratada, sobre todo entre progr 0-100; en el tramo 100-200 no hay solape que se desprenda.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 267 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



2. Riego de imprimación con Emulsión de Rotura Lenta E.A.I a razón de 1 lts/m²; la posibilidad de proporcionar mayor cantidad de producto, resultó desestimada ya que el equipo estaba en su máxima productividad.
3. Granzeado con una generosa capa de arena gruesa del río Suquía y con humedad excesiva.

Jueves 25/03/2021, lluvias por la madrugada y clima inestable durante el día.

1. El tramo fue liberado al tránsito liviano debido a la inestabilidad por saturación de humedad de las banquetas.
2. Se controló la superficie sin observar detalles negativos.

Viernes 26/03/2021, lloviznas por la mañana y mucha humedad. Por la tarde nublado.

1. Control visual de estado. Se observa que la arena ha sido embebida por el asfalto residual de la emulsión incorporada. Se mantiene liberado al tránsito liviano.

Sábado 27/03/2021, día soleado con temperaturas de 25°C.

1. Se observó un buen estado pese a estar liberado al tránsito liviano.

Domingo 28/03/2021, no hay observaciones.

Lunes 29/03/2021, día soleado con temperaturas de 25°C.

1. Se cortó el tránsito, para barrer y soplar, con el objetivo de sacar el excedente de arena. Se observaron algunos desprendimientos de la imprimación reforzada quedando restos de asfalto de la emulsión impregnada solo en la capa inferior antes tratada.

Martes 30/03/2021, no hay observaciones.

Miércoles 31/03/2021, día soleado y con temperaturas de 25°C.

1. Ejecución de bacheo por la tarde con emulsión EMA incorporada al material granular 0-14 en progr 90-95 lado derecho.

Jueves 01/04/2021, día soleado con temperaturas de 25°C.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 268 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

1. Ejecución de bacheo con mezcla asfáltica en frío (EZ Street de AFEMA a granel 3,5tn) entre progr 15-45 del lado izquierdo.

Lunes 05/04/2021, día soleado con temperaturas de 25°C.

1. Demarcación del eje con pintura en frío (bastones blancos paso 3x5).

Fecha de habilitación al tránsito: 07/04/2021.



Figura 210: Distribución de cemento en tramo 1.²¹²

²¹² Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 269 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 211: Premezclado de suelo-cemento en tramo1.²¹³



Figura 212: Estabilizador iónico.²¹⁴

²¹³ Fuente: VAWA-AFEMA

²¹⁴ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 270 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 213: Riego de estabilizador iónico. ²¹⁵



Figura 214: Premezclado de agua + estabilizador iónico con reclamadora. ²¹⁶

²¹⁵ Fuente: VAWA-AFEMA

²¹⁶ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 271 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 215: Compactación inicial en tramo 1. ²¹⁷



Figura 216: Proceso de compactación en tramo1. ²¹⁸

²¹⁷ Fuente: VAWA-AFEMA

²¹⁸ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 272 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 217: Tramo ya compactado, listo para ser imprimado. ²¹⁹



Figura 218: Riego de imprimación con E.A.I. en tramo 1. ²²⁰

²¹⁹ Fuente: Registro propio

²²⁰ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 273 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 219: Imprimación E.I.A. en tramo 1. ²²¹



Figura 220: Granzeado de arena gruesa en tramo 1. ²²²

²²¹ Fuente: Registro propio

²²² Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 274 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

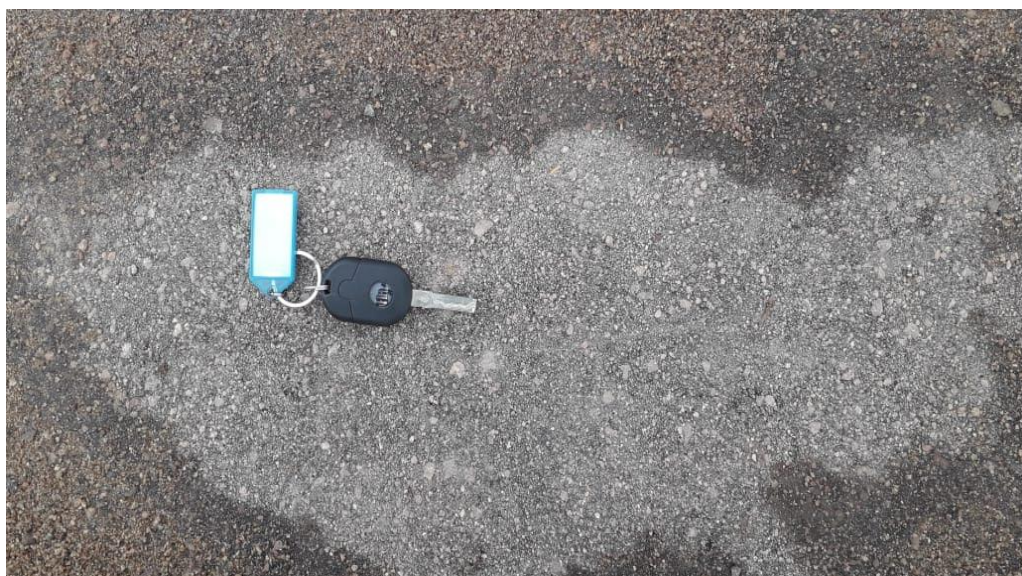


Figura 221: Textura de imprimación reforzada con arena gruesa silícea en tramo1. ²²³

²²³ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 275 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



6.1.2. Tramo 2

Este tramo (prog. 200 - prog. 400), es caracterizado por la aplicación de aditivos poliméricos en su estabilización, además de los aditivos iónicos y material pétreo. Su estructura compuesta por:

Estructura	Material granular 0–14 + Aditivo polimérico (espesor = 7 cm)	Aditivo polimérico (2%): 21.64 lts/tn + Agua: rel. 1:1
	Suelo A4 + Cemento portland + aditivo iónico (espesor = 20 cm)	2 % de cemento + 2,5 cm ³ cada 100 kg de mezcla seca

6.1.2.1. Tareas realizadas

Martes 23/03/2021, día caluroso y soleado, con temperaturas de 28°C.

1. Perfilado del tramo mediante nivelación, colocación de estacas y extracción de 7cm de la superficie del camino existente.
2. Distribución de cemento por la mañana entre la progresiva 100 a 250. Se coloca con pala frontal y se distribuye a mano con cepillo.
3. Mezclado con reclamadora.
4. Riego de aditivo iónico, diluido en agua de igual manera que en el tramo anterior, luego del mediodía, mediante un camión regador.
5. Mezclado con reclamadora en 2,40 m de ancho y un espesor de trabajo de 20 cm.
6. Nuevamente se reclamó para homogeneizar la humedad
7. Entre las progr 100 y 200, el tramo fue compactado, dejándose 50 m para preparar por la tarde.
8. Ya por la tarde, se distribuyó el cemento entre las progresivas 250 y 400.
9. Se procedió con la secuencia: reclamadora - riego de agua más aditivo iónico (7500 litros con 9 litros de iónico) - reclamadora.
10. Reposo por 24hs.

Miércoles 24/03/21, día soleado por la mañana y con lloviznas por la tarde.

1. Por la mañana se realizó la medición de humedad correspondiente a la capa de suelo-iónico-cemento, obteniendo como resultado un faltante de, aproximadamente, 3% de humedad.
2. Mezclado con motoniveladora para homogeneizar la humedad incorporada.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 276 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



3. A media tarde se le realizó la compactación y luego la medida de densidad.
4. Incorporación, extendido y sellado del material granular 0-14, el cual solo fue extendido y sellado, debido al pronóstico de lluvias. No había tiempo suficiente para el tratamiento con el aditivo polimérico.

Jueves 25/03/2021, lluvia por la madrugada e inestabilidad durante el día, por lo tanto, no se registran tareas.

Viernes 26/03/2021, no se trabajó por exceso de humedad en el material granular 0-14.

Sábado 27/03/2021 y domingo 28/03/2021 no se registran tareas en este tramo.

Lunes 29/03/2021, día soleado y con temperaturas de 25°C.

1. Medición de humedad en el material 0-14 por la mañana, determinando un excedente de la misma en un 2%.
2. Removido del material para corregir dicho exceso.
3. Por la tarde, confirmando un decaimiento de 4,5% de la humedad, se realizó la Incorporación de aditivo polimérico en una cantidad de 4000 litros aprox. diluido en una cantidad igual de agua (4000 litros). Al observarse que el mismo apelotona terrones de suelo de tamaño considerable se acordona en el medio con motoniveladora y se reclama con máquina para lograr homogeneidad en la distribución de la resina.
4. Distribución con motoniveladora en todo su ancho.
5. Perfilado y compactado, con 3 tapadas de rodillo liso vibrante de 14 tn y 3 pasadas de rodillo neumático de 9 ruedas de 15 tn, lastre incluido.
6. El tramo fue cerrado al tránsito por 7 días.

Lunes 05/04/2021, día soleado con temperaturas de 25°C.

1. Demarcación de eje con pintura en frío (bastones blancos, paso 3x5).

Fecha de habilitación al tránsito: 07/04/2021.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 277 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 222: Nivelación tramo 2. ²²⁴



Figura 223: Compactación tramo 2. ²²⁵

²²⁴ Fuente: Registro propio

²²⁵ Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 278 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 224: Extendido del material granular 0-14 en tramo 2. ²²⁶



Figura 225: Material granular 0-14. ²²⁷

²²⁶ Fuente: Registro propio

²²⁷ Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 279 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 226: Compactación de material granular. ²²⁸

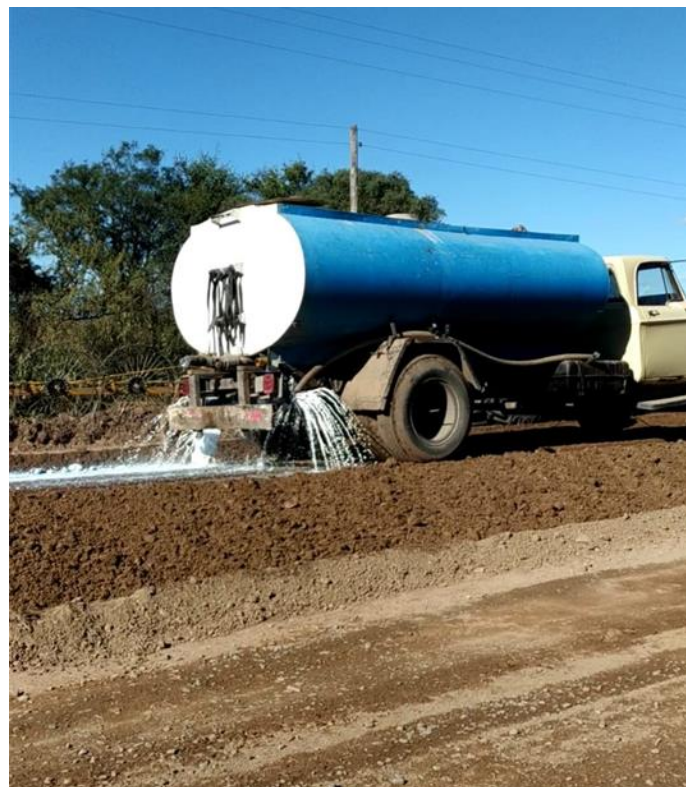


Figura 227: Riego de aditivo polimérico, diluido en agua 1:1. ²²⁹

²²⁸ Fuente: Registro propio

²²⁹ Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 280 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 228: Aditivo polimérico diluido en agua, tramo 2. ²³⁰



Figura 229: Premezclado de aditivo polimérico con material granular 0 -14. ²³¹

²³⁰ Fuente: Registro propio

²³¹ Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 281 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 230: Perfilado final de aditivo polimérico en tramo 2. ²³²

²³² Fuente: VAWA-AFEMA

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 282 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



6.1.3. Tramo 3

Este tramo (prog. 400 - prog. 600) es caracterizado por una estabilización de suelo-arena-emulsión, con la participación de aditivos iónicos. La estructura está compuesta por:

Estructura	Material granular 0-14 + Emulsión EMA (espesor = 5 cm)	Emulsión EMA 7%
	Suelo A4 + Cemento portland + aditivo iónico (espesor = 20 cm)	2 % de cemento + 2,5 cm ³ cada 100 kg de mezcla seca

6.1.3.1. Tareas realizadas

Las tareas en el último tramo comenzaron el día lunes 29/03/2021 con temperaturas de 25°C y soleado.

1. Por la mañana se realizan mediciones de humedades, nivelado y demarcación.
2. Obtención del perfil transversal adecuado y desmonte de 5 cm de terreno natural.
3. Incorporación del cemento (progr. 400-600).
4. Reclamado antes del mediodía, seguido de la incorporación del delta de humedad, proporcional del aditivo iónico.

Martes 30/03/2021, día soleado con temperaturas de 25°.

1. Determinación de humedad comprobando un faltante de 2% de la misma.
2. Incorporación de humedad y homogeneización con motoniveladora.
3. Compactación y determinación de densidad por la tarde.
4. Distribución de material granular 0-14, sellándose solamente este último.

Miércoles 31/03/2021, día soleado con temperaturas de 25°.

1. Determinación de humedad por la mañana, comprobando un exceso de 2% en la misma, respecto de la necesaria para la incorporación de la emulsión.
2. Antes del mediodía se comprueba nuevamente el contenido de humedad, arrojando como resultado un 5,5%, la cual continúa excedida (según laboratorio) pero se decide incorporar la emulsión E.M.A de igual manera (5000 lts a 45°C de temperatura).
3. Incorporado este primer tanque se delega a buscar a planta el resto faltante. El regreso tardó aproximadamente 2,5 hs, llegando a obra a las 15:30 hs. Al comenzar el proceso para llevar a cabo el segundo riego se rompe la bomba de regado, lo que luego de 2

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 283 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



hs, se solucionó parcialmente y se logró aplicar. Posteriormente, se mezcló con motoniveladora y se dio un apoyo final para su mezclado con tractor y rastra. Esta última tarea fue realizada, ya que se observó que se apelotonaba la emulsión con el material fino del granular; dicha acción tuvo poca influencia ya que el primer riego había comenzado a cortarse.

4. Compactación, la primera pasada del equipo liso se comenzó a cuartear, sospechándose exceso de humedad. Solo se utilizó rodillo neumático.

Jueves 01/04/2021, día soleado y con temperaturas de 25°C°

1. Al querer recompactar a media mañana, se observa nuevamente que se comienza a cuartear; por lo tanto, se dio por terminada la compactación.
2. Reparación de banquetas en toda la longitud de la prueba.
3. Bacheos en el tramo 1.

Lunes 05/04/2021, día soleado y con temperaturas de 25°C.

1. Demarcación y pintura del eje con pintura en frío (bastones blancos de 3*5).

Fecha de habilitación al tránsito: 07/04/2021.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 284 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 231: Mezclado del suelo y cemento con reclamadora.²³³



Figura 232: suelo y cemento ya mezclado.²³⁴

²³³ Fuente: Registro propio

²³⁴ Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 285 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 233: Compactación con rodillo neumático.²³⁵

6.2. CONCLUSIÓN DEL CAPITULO

Debido a que los trabajos realizados son de carácter experimental, cada uno de los tramos fue tratado con distintas estabilizaciones, salvo la subrasante que se configuró por una capa de 20 cm con suelo A4, Cemento Portland y aditivo iónico.

Con esta estructura basada en una estabilización iónica, se busca un intercambio iónico del aditivo con las partículas finas del suelo para reducir el volumen de agua retenida, disminuyendo su plasticidad, aumentando la resistencia y la trabajabilidad.

En el tramo 1, la subrasante se imprimió con una emulsión asfáltica E.A.I reforzada con arena gruesa, a fin de mantener la humedad de la subrasante para que se produzca el curado de la misma.

En el tramo 2, se realizó una capa de rodadura de 7 cm sobre la subrasante, compuesta por material granular 0–14 + 2% de aditivo polimérico. Con este procedimiento se busca formar una estructura impermeable y aumentar la resistencia mecánica mejorando la cohesión con respecto a la estabilización del tramo 1.

²³⁵ Fuente: Registro propio

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 286 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



En el tramo 3, la capa de rodadura de 5 cm se configuró con material granular 0–14 + 7% de emulsión EMA, buscando los resultados semejantes que en el tramo 2 pero con la ventaja de que esta estabilización es un procedimiento con resultados comprobados.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 287 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 7 : EVALUACIÓN DE LAS ESTABILIZACIONES

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 288 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.1. RELEVAMIENTO INICIAL (13/05/2021)

La edad de las capas estabilizadas al momento del relevamiento aerofotográfico inicial es de 36 días.

Para la medición sobre las fotografías con dron, se empleó como escala la regla/nivel de 60 cm de longitud, que se observa en las imágenes aéreas, permitiendo dimensionar las fallas comparándolas con dicha regla.

También se utilizó una cámara manual con el fin de obtener en sentido transversal a la calzada, imágenes de detalle para poder medir correctamente la profundidad de ahuellamiento, anchos de fisuras, niveles de escalonamiento, etc. empleando como escala una cinta métrica y/o la regla/nivel mencionada.

Todas las mediciones se realizaron computacionalmente sobre las imágenes tomadas mediante ImageJ.

7.1.1. Tramo 1

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 234 son: $-31^{\circ} 23' 45.0''$ S, $-63^{\circ} 52' 58.0''$ O. Desde una altura de 10,1 m.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 289 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

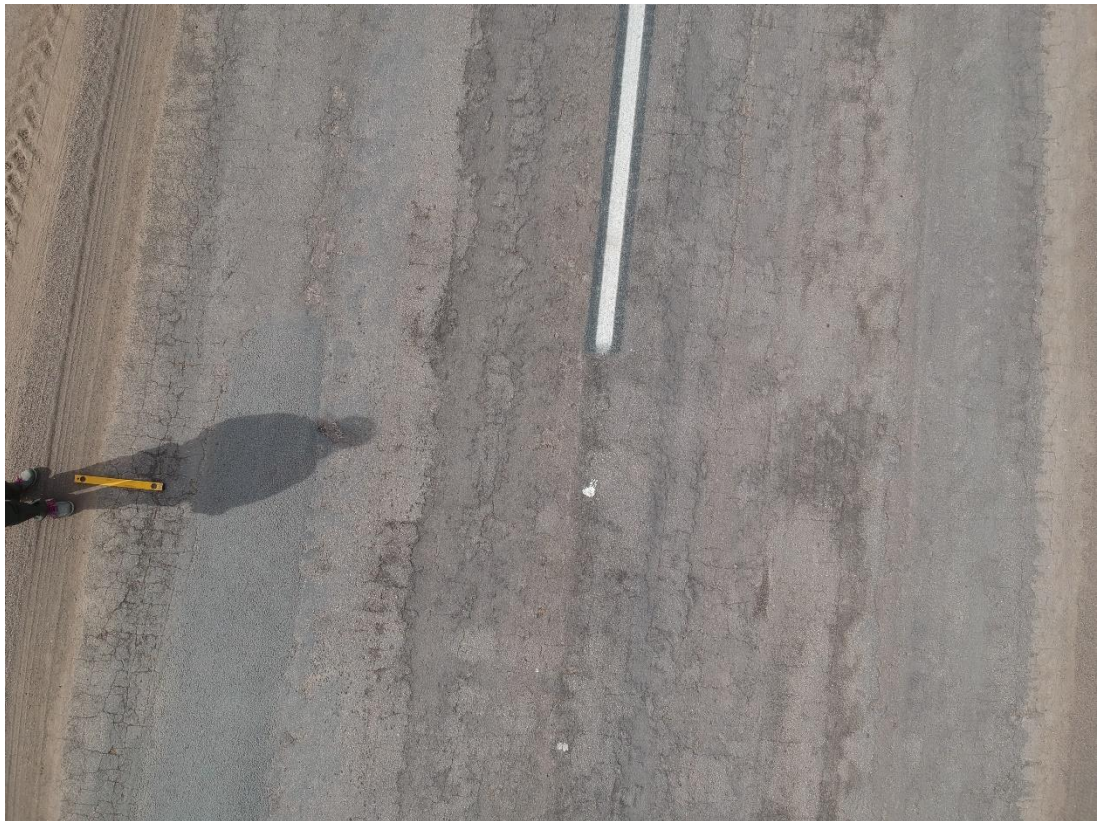


Figura 234: Imagen 0894 sin editar. Tramo 1.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 290 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

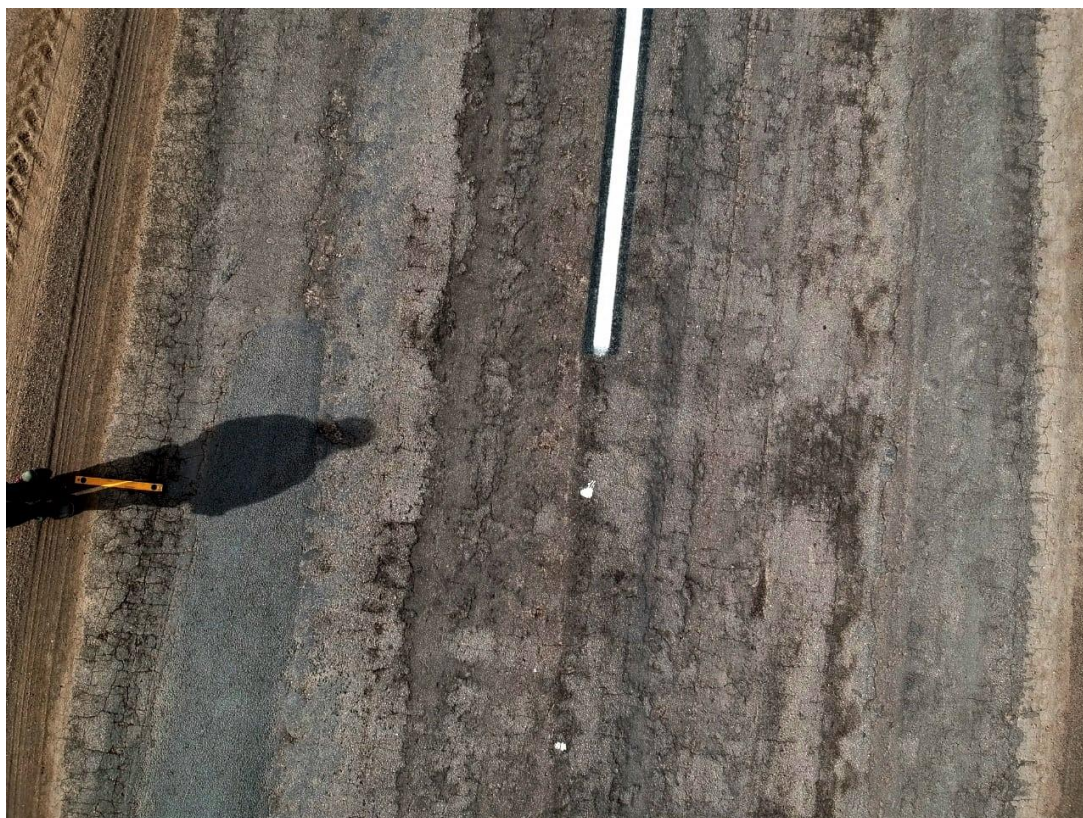


Figura 235: Imagen 0894 editada. Tramo 1.

7.1.1.1. Mediciones

Ahuellamiento

Teniendo en cuenta que los ahuellamientos son depresiones longitudinales correspondientes a la trayectoria de las ruedas de los vehículos, (ver imagen de detalle en Figura 34), para poder mensurarlo correctamente, primero se mide la profundidad de la falla para determinar su severidad, y luego la extensión sobre la superficie de rodadura, como se indica en el capítulo 3.

Para la medición de la profundidad en este relevamiento, fueron empleadas 2 imágenes: Figura 236 y Figura 237, tomadas en diferentes puntos del tramo.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 291 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Las mensuras realizadas se encuentran en la Tabla 64 y la Tabla 65, donde el valor resaltado es el promedio de las mismas, y el que será utilizado como referencia de cada imagen correspondiente.



Figura 236: Profundidad. Tramo 1 – imagen 1. ²³⁶

Tabla 64: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.

PROFUNDIDAD (IMAGEN 1)	
Mediciones	Profundidad (cm)
Profundidad (cm)	3,00
	2,97
	2,90
	2,62
	2,50
Promedio	2,80

²³⁶ Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 292 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 237: Profundidad. Tramo 1 – imagen 2. ²³⁷

Tabla 65: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.

PROFUNDIDAD (IMAGEN 2)	
Mediciones	Profundidad (cm)
Profundidad (cm)	1,01
	1,05
	0,93
	1,03
	0,99
Promedio	1,00

A continuación, se procedió a medir la extensión del ahuellamiento sobre la superficie de rodadura, registrando los datos en metros cuadrados. Cada tabla de mensura corresponde a una faja de ahuellamiento diferente (1, 2, 3 y 4) según la Figura 238.

²³⁷ Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 293 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 238: Ahuellamiento. Tramo 1 - imagen 0894.

Tabla 66: Mediciones de ahuellamiento. Tramo 1.

AHUELLAMIENTO (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	7.472,17
	7.049,64
	8.467,72
	7.056,26
	6.618,05
Promedio (cm ²)	7.332,77
Promedio (m ²)	0,73
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	47.862,16
	48.517,38
	46.284,89
	51.640,22
	51.551,74
Promedio (cm ²)	49.171,28
Promedio (m ²)	4,92

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 294 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			



AHUELLAMIENTO (faja 3)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	14.514,49
	14.487,32
	16.056,23
	14.762,86
	15.661,22
Promedio (cm ²)	15.096,43
Promedio (m ²)	1,51
AHUELLAMIENTO (faja 4)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	19.566,07
	18.234,73
	17.962,68
	19.723,87
	18.118,39
Promedio (cm ²)	18.721,15
Promedio (m ²)	1,87

Según los resultados arrojados por este relevamiento, el nivel de severidad, determinado a partir de la profundidad del ahuellamiento, varía según la localización entre deterioros de mediana y baja severidad, ya que las profundidades de esta deformación se ubican entre los 2,80 cm y 1 cm de profundidad respectivamente, ocupando un total de 9,03 m² entre las 4 fajas demarcadas.

Fisuras longitudinales

Este tipo de fisura se extiende en la misma dirección del tránsito sobre la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la calzada, como se muestra en la Figura 50. Las mismas son registradas en metros lineales. En la Tabla 67 se consignan las 5 fisuras diferentes ilustradas en la Figura 239. La severidad de cada una está en función del ancho promedio de fisura.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 295 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 239: Fisuras longitudinales. Tramo 1 - imagen 0894.

Tabla 67: Mediciones fisuras longitudinales. Tramo 1.

FISURA LONGITUDINAL 1			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura (cm)
Longitud (cm)	211,03	Ancho de fisura (cm)	1,074
	205,14		1,650
	229,14		0,738
	221,23		1,360
	216,60		1,336
Promedio (cm)	216,63		0,870
Promedio (m)	2,17	Promedio (cm)	1,171
FISURA LONGITUDINAL 2			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura (cm)
Longitud (cm)	315,26	Ancho de fisura (cm)	0,945
	318,85		0,295
	314,62		0,738
	317,69		0,148
	318,84		0,608
Promedio (cm)	317,05		0,574

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 296 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			



Promedio (m)	3,17	Promedio (cm)	0,551
FISURA LONGITUDINAL 3			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura (cm)
Longitud (cm)	434,28	Ancho de fisura (cm)	0,891
	454,75		0,598
	468,67		0,787
	467,59		1,360
	436,88		0,443
Promedio (cm)	452,43		0,522
Promedio (m)	4,52	Promedio (cm)	0,767
FISURA LONGITUDINAL 4			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura
Longitud (cm)	164,69	Ancho de fisura (cm)	0,768
	169,02		0,492
	169,55		0,716
	169,63		0,598
	168,44		0,928
Promedio (cm)	168,26		0,440
Promedio (m)	1,68	Promedio (cm)	0,657
FISURA LONGITUDINAL 5			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura (cm)
Longitud (cm)	564,24	Ancho de fisura (cm)	0,443
	564,54		0,295
	566,77		0,590
	566,24		0,795
	566,18		0,752
Promedio (cm)	565,60		0,443
Promedio (m)	5,66	Promedio (cm)	0,553

La suma de las fisuras longitudinales relevadas alcanza 17,2 m de extensión, presentando niveles medios y altos de severidad, ya que poseen un ancho promedio de fisura superior a 0,5 cm, además de que muestran signos de descascaramientos en sus bordes, algunas finas ramificaciones y provocan cierto golpeteo al circular con un vehículo sobre ellas.

Fisuras piel de cocodrilo

Es una fragmentación del pavimento asociada a un daño estructural importante; se ubica principalmente en huellas del tránsito, como se muestra en la Figura 62. Esta tipología se registra en m² y su nivel de severidad está en función del grado de desarrollo de la falla como el ancho promedio de fisuras y nivel de descascaramiento de los bordes. En esta imagen se

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 297 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO		
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL		
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

observan tres fajas importantes con fisuras de piel de cocodrilo, cuyas mediciones se exponen en la Tabla 68.



Figura 240: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 1- imagen 0894.

Tabla 68: Mediciones de fisuras piel de cocodrilo. Tramo 1.

PIEL DE COCODRILO 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	30.698,91	Ancho de fisuras (cm)	1,283
	32.886,12		0,406
	31.789,21		0,749
	35.461,37		0,574
	35.479,49		0,696
Promedio (cm ²)	33.263,02		0,846
Promedio (m ²)	3,33	Promedio (cm)	0,759
PIEL DE COCODRILO 2			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	20.349,48	Ancho de fisuras (cm)	0,984
	19.643,75		0,835
	20.430,65		1,320

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 298 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			



	21.974,47		1,113
	18.123,61		0,709
Promedio (cm²)	20.104,39		0,622
Promedio (m²)	2,01	Promedio (cm)	0,931
PIEL DE COCODRILO 3			
Mediciones	Área (cm²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm²)	21.552,29	Ancho de fisuras (cm)	0,590
	21.585,03		0,752
	21.094,23		0,660
	18.615,81		0,467
	22.168,85		0,660
Promedio (cm²)	21.003,24		0,622
Promedio (m²)	2,10	Promedio (cm)	0,625

La fisura tipo piel de cocodrilo 1, con una extensión de 3,33 m², se encuentra en un nivel de severidad alto, ya que el ancho promedio de fisuras que forman la falla es mayor a 0,5 cm, donde se alcanza a ver una malla cerrada de pequeños polígonos con cierto nivel de descascaramiento en sus bordes. Las fajas 2 y 3 poseen un nivel de severidad medio, pese a que las fisuras que conforman las mismas poseen un ancho promedio mayor de 0,5 cm, ya que presentan bordes con bajo nivel de descascaramiento y aún no se han formado polígonos completamente cerrados. La suma del área ocupada por ambas es de 4,11 m².

Desintegraciones por peladuras / desprendimientos de agregados

Se refiere a desprendimientos o pérdida de agregados y porciones de material que conforma la superficie de rodamiento (Figura 76 y Figura 79). Ambas patologías se miden en m² y sus niveles de severidad están en función del estado en que se encuentra la falla. Además, puede tomarse como referencia del estado de severidad, el porcentaje afectado respecto de la superficie total del pavimento.

En la figura siguiente fueron resaltadas solo 10 fallas de este tipo, correspondientes a las que poseían mejor capacidad para ser medidas computacionalmente. Las mediciones de las mismas se encuentran en la Tabla 69.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 299 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO		
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL		
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 241: Desintegraciones por peladuras/ desprendimientos de agregados. Tramo 1 - imagen 0894.

Tabla 69: Mediciones de desintegraciones por peladuras/ desprendimientos de agregados. Tramo 1.

DESINTEGRACIÓN 1			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	8,40	Área (cm ²)	70,98
	4,94		87,78
	6,47		92,24
	6,27		73,38
	5,58		75,09
Promedio (cm)	6,33	Promedio (cm ²)	79,89
DESINTEGRACIÓN 2			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	4,11	Área (cm ²)	13,72
	3,94		14,74
	3,64		13,72
	3,43		16,46
	4,54		16,80
Promedio (cm)	3,93	Promedio (cm ²)	15,09
DESINTEGRACIÓN 3			

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 300 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			



Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	4,69	Área (cm ²)	17,83
	3,23		18,52
	2,60		18,17
	4,99		17,14
	2,78		16,46
Promedio (cm)	3,66	Promedio (cm ²)	17,62
DESINTEGRACIÓN 4			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	6,54	Área (cm ²)	39,78
	6,22		37,03
	7,18		34,29
	5,83		30,86
	6,48		35,32
Promedio (cm)	6,45	Promedio (cm ²)	35,46
DESINTEGRACIÓN 5			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	9,59	Área (cm ²)	250,99
	11,8		235,56
	7,69		238,31
	6,45		274,65
	13,29		269,51
Promedio (cm)	9,76	Promedio (cm ²)	253,80
DESINTEGRACIÓN 6			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	10,54	Área (cm ²)	146,76
	15,27		133,04
	9,08		132,36
	13,59		133,38
	10,02		139,21
Promedio (cm)	11,70	Promedio (cm ²)	136,95
DESINTEGRACIÓN 7			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	5,97	Área (cm ²)	47,66
	7,01		33,6
	4,89		40,8
	6,92		42,18
	6,88		42,86
Promedio (cm)	6,33	Promedio (cm ²)	41,42
DESINTEGRACIÓN 8			

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 301 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	5,95	Área (cm ²)	62,75
	6,17		46,29
	7,48		53,83
	7,97		52,12
	7,00		58,98
Promedio (cm)	6,91	Promedio (cm ²)	54,79
DESINTEGRACIÓN 9			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	7,48	Área (cm ²)	52,12
	8,16		44,58
	6,34		54,18
	10,23		57,26
	7,11		63,09
Promedio (cm)	7,86	Promedio (cm ²)	54,25
DESINTEGRACIÓN 10			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	6,50	Área (cm ²)	185,16
	9,52		171,44
	23,74		207,10
	9,82		184,13
	17,88		205,73
Promedio (cm)	13,49	Promedio (cm ²)	190,71

La falla ocupa 879,99 cm² (0,088 m²) respecto de 350.252,159 cm² de superficie de calzada que muestra la imagen; o sea que, la proporción de área afectada respecto del área total es de 0,25%, de acuerdo al catálogo de falla del capítulo 3. Este porcentaje corresponde a un bajo nivel de severidad para desintegraciones por peladuras, lo que no coincide con el nivel de severidad para desprendimientos de agregados, ya que la superficie presenta un significativo desprendimiento de material fino y/o mezcla asfáltica, dando como resultado una superficie de textura abierta y rugosa, y por lo tanto un nivel de severidad medio.

Baches

Es la desintegración total de la superficie y el levantamiento del pavimento, formando cavidades de bordes netos. Para que la falla sea considerada como tal, debe tener al menos 15 cm de diámetro. Su nivel de severidad está en función del diámetro promedio del bache y

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 302 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

de la profundidad del mismo. Para registrar este tipo de falla, se cuenta el número de baches en la sección inspeccionada, de acuerdo con el nivel de severidad que presentan.

En la Figura 242 se destacan 3 baches, cuyas áreas y diámetros promedios se consignan en la Tabla 70.



Figura 242: Baches. Tramo1 - imagen 0894.

Tabla 70: Medición de baches. Tramo1.

BACHE 1			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	156,59	Área (cm ²)	1.834,11
	12,60		1.706,21
	12,30		1.885,20
	10,25		1.987,38
	16,58		1.799,82
Promedio (cm)	41,66	Promedio (cm ²)	1842,54
BACHE 2			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 303 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Diámetro (cm)	21,09	Área (cm²)	2.214,71
	23,67		1.984,29
	27,78		2.345,70
	25,88		1.827,94
	26,19		2.392,33
Promedio (cm)	24,92	Promedio (cm²)	2152,99
BACHE 3			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	25,57	Área (cm²)	758,81
	20,57		680,63
	32,10		591,48
	19,21		602,45
	31,97		650,80
Promedio (cm)	25,88	Promedio (cm²)	656,84

Respecto a la profundidad de los baches se estimó un máximo menor a 2,5 cm, ya que están en el inicio de su desarrollo. Por otra parte, los diámetros promedio de estos se encuentran en el intervalo de 25 a 50 cm, de modo que el nivel de severidad es bajo. Esta falla ocupa una superficie total de 0,465 m².

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 304 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.1.2. Tramo 2

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 243 son: $-31^{\circ} 23' 52.0''$ S, $-63 52' 49.0''$ O.
Desde una altura de 9.9 m.

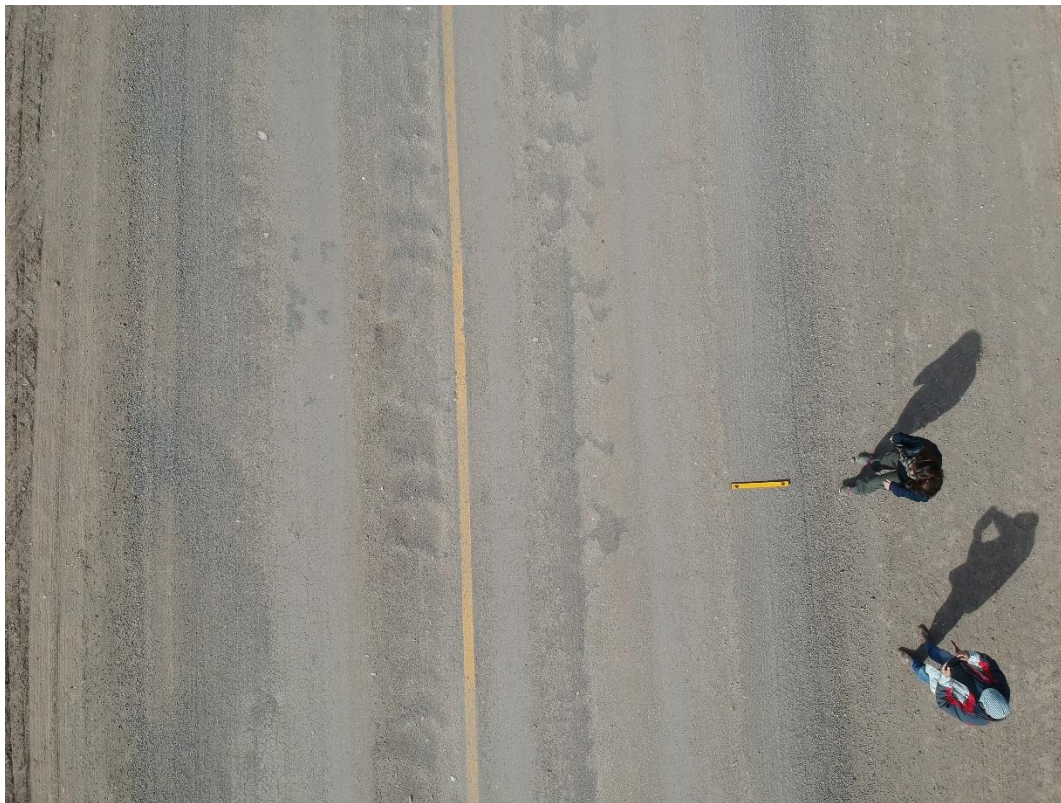


Figura 243: Imagen 0920 sin editar. Tramo 2.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 305 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

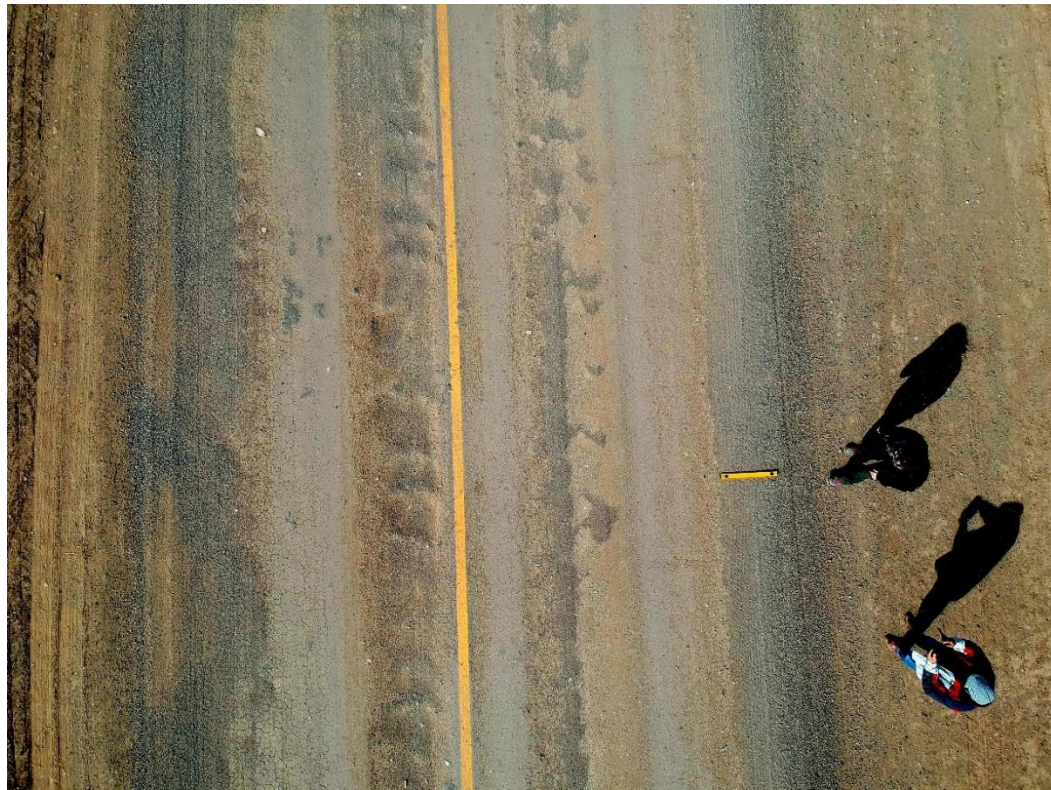


Figura 244: Imagen 0920 editada. Tramo 2.

7.1.2.1. Mediciones

Ahuellamiento

Las profundidades de ahuellamiento fueron medidas a través de las siguientes imágenes y presentadas en la Tabla 71. Por otro lado, la extensión del mismo, se midió por medio de la Figura 246, presentada en la Tabla 72.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 306 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 245: Profundidad. Tramo 2. ²³⁸

Tabla 71: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 2.

PROFUNDIDAD 1		PROFUNDIDAD 2	
Mediciones	Longitud (cm)	Mediciones	Longitud (cm)
Profundidad (cm)	0,567	Profundidad (cm)	0,758
	0,767		0,801
	0,456		0,787
	0,456		0,625
	0,408		0,607
Promedio	0,53	Promedio	0,72

²³⁸ Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2021)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 307 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 246: Ahuellamiento. Tramo 2 - imagen 0920.

Tabla 72: Medición de ahuellamiento. Tramo 2.

AHUELLAMIENTO (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	45.976,59
	31.097,61
	32.169,79
	23.866,45
	30.981,18
Promedio (cm ²)	32.818,32
Promedio (m ²)	3,28
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	76.626,24
	62.260,47
	69.813,53
	64.227,03
	69.926,41

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 308 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Promedio (cm ²)	68.570,74
Promedio (m ²)	6,86
AHUELLAMIENTO (faja 3)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	35.376,31
	39.750,42
	30.097,47
	32.657,85
	31.771,89
Promedio (cm ²)	33.930,79
Promedio (m ²)	3,39
AHUELLAMIENTO (faja 4)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	23.678,38
	20.911,57
	18.544,52
	21.308,83
	16.539,24
Promedio (cm ²)	20.196,51
Promedio (m ²)	2,02

De acuerdo a las mediciones realizadas, el ahuellamiento en este tramo de camino presenta un bajo nivel de severidad, ya que la profundidad promedio se encuentra por debajo de los 2 cm, y ocupa un total de 15,55 m².

Piel de cocodrilo

Respecto a esta patología, se registraron dos fajas, cuyas mediciones se registran en la Tabla 73.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 309 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 247: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 2 - imagen 0920.

Tabla 73: Mediciones de fisuras piel de cocodrilo. Tramo 2.

PIEL DE COCODRILO 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	58.332,88	Ancho de fisuras (cm)	0,574
	58.373,95		0,419
	58.919,43		0,641
	57.942,90		0,471
	56.016,98		0,382
Promedio (cm ²)	57.917,23		0,724
Promedio (m ²)	5,79	Promedio (cm)	0,535
PIEL DE COCODRILO 2			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	45.054	Ancho de fisuras (cm)	0,318
	46.757		0,277
	46.591		0,437
	47.089		0,257
	44.785		0,415

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 310 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Promedio (cm²)	46.055,43		0,477
Promedio (m²)	4,61	Promedio (cm)	0,364

Según los resultados de la Tabla 73, la falla correspondiente a la faja 1, con 5,79 m², posee un nivel de severidad medio, ya que el ancho promedio de fisura es de 0,535 cm y las mismas se encuentran interconectadas entre sí, formando pequeños polígonos que presentan cierto descascaramientos en sus intersecciones. En cambio, la faja 2, con 4,61 m², tiene un ancho promedio menor a 0,5 cm y en las interconexiones de las fisuras no hay evidencia de descascaramientos, por lo tanto, esta falla presenta un bajo nivel de severidad.

Pérdida de agregados

A diferencia del modo como se presenta esta falla en el tramo 1 en la Figura 248, se advierte que la separación de los agregados con respecto de la capa de superficie, originó la formación de cordones a lo largo de la calzada.



Figura 248: Pérdida de agregados. Tramo 2 - imagen 0920.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 311 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 74: Medición de pérdida de agregados. Tramo 2.

PÉRDIDA DE AGREGADOS (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	104.735,22
	107.412,03
	101.329,64
	96.240,87
	96.644,70
Promedio (cm ²)	101.272,49
Promedio (m ²)	10,13
PÉRDIDA DE AGREGADOS (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	68.039,61
	78.099,88
	77.870,26
	72.564,92
	79.886,98
Promedio (cm ²)	75.292,33
Promedio (m ²)	7,53

La falla ocupa 17,66 m² y presenta un desprendimiento significativo de agregados de la superficie de rodadura, con lo que corresponde a la categoría de nivel medio de severidad, donde la superficie del pavimento exhibe una textura abierta y rugosa con partículas sueltas fácilmente disgregables.

Corrugación y baches

Este tipo de fallas, constituidas por una serie de ondulaciones, prácticamente perpendiculares a la dirección del tránsito y distribuidas en intervalos regulares, son también características de las corrugaciones u ondulaciones de los caminos no pavimentados. También se observan baches y depresiones cóncavas dispuestas en el ahuellamiento descrito con anterioridad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 312 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 249: Corrugación y baches. Tramo 2 - imagen 0920.

Tabla 75: Medición de corrugación y baches. Tramo 2.

BACHES Y CORRUGACIÓN (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	81.651,85
	79.489,44
	71.719,90
	74.558,99
	73.919,13
Promedio (cm ²)	76.267,86
Promedio (m ²)	7,63
BACHES Y CORRUGACIÓN (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	60.175,41
	60.182,04
	65.519,35
	60.134,62
	61.322,89
Promedio (cm ²)	61.466,86
Promedio (m ²)	6,15

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 313 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



La falla ocupa un total de 13,77 m². Se determinó, de modo cualitativo, un nivel medio de severidad de las ondulaciones y los baches, a partir de las vibraciones que se producen al transitar por el tramo analizado.

7.1.3. Tramo 3

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 250 son: -31° 23' 54.0" S, -63 52' 46.0" O. Desde una altura de 11 m.

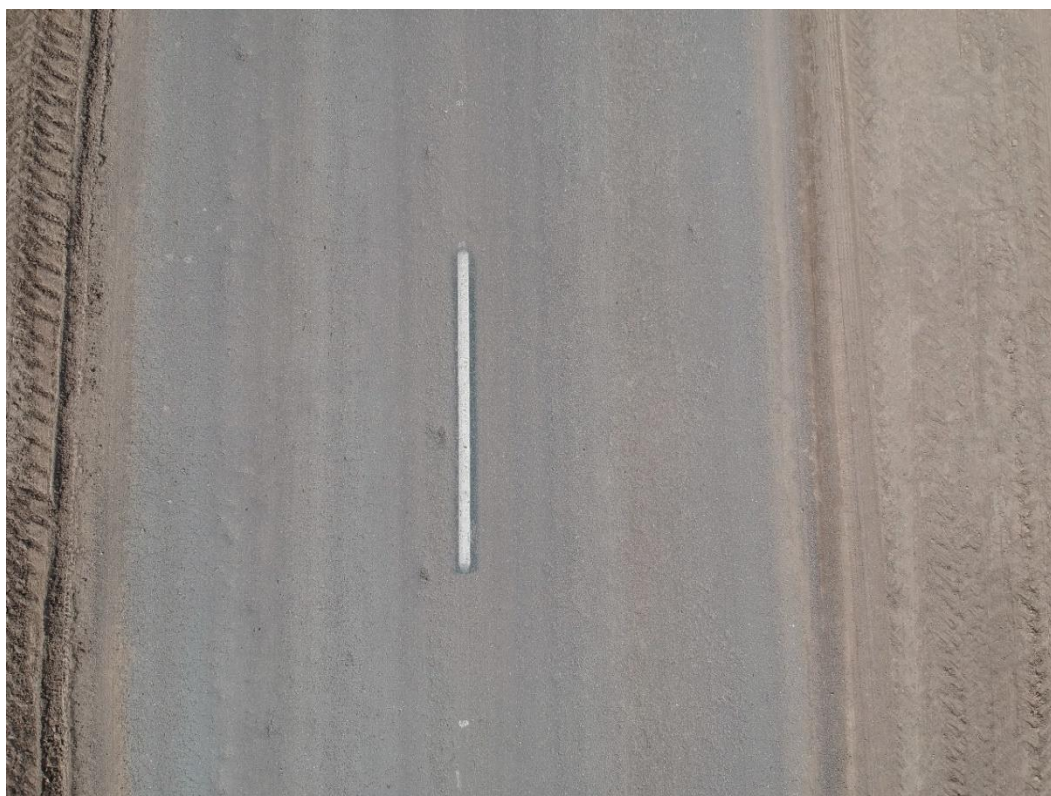


Figura 250: Imagen 0934 sin editar. Tramo 3.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 314 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 251: Imagen 0934 editada. Tramo 3.

7.1.3.1. Mediciones

Ahuellamiento

Las profundidades de ahuellamiento fueron medidas a través de las imágenes de la Figura 252 y registradas en la Tabla 76; extensión de la falla, se midió a través de la Figura 253, y se registró en la Tabla 77.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 315 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 252: Profundidades. Tramo 3.

Tabla 76: Profundidades de ahuellamiento. Tramo 3.

PROFUNDIDAD 1		PROFUNDIDAD 2	
Mediciones	Longitud (cm)	Mediciones	Longitud (cm)
Profundidad (cm)	3,46	Profundidad (cm)	1,38
	3,69		1,48
	3,89		1,16
	3,78		1,40
	3,76		1,41
Promedio	3,72	Promedio	1,37

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 316 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 253: Ahuellamiento. Tramo 3 - imagen 0934.

Tabla 77: Mediciones de ahuellamiento. Tramo 3.

AHUELLAMIENTO (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	29.788,94
	31.370,27
	29.599,32
	31.878,32
	32.010,15
Promedio (cm ²)	30.929,40
Promedio (m ²)	3,09
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	41.195,98
	49.858,71
	49.566,16

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 317 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



	51.971,57
	50.787,53
Promedio (cm²)	48.675,99
Promedio (m²)	4,87
AHUELLAMIENTO (faja 3)	
Mediciones	Área (cm²)
Área (cm²)	63.917,37
	65.269,96
	58.566,59
	69.537,82
	62.490,73
Promedio (cm²)	63.956,49
Promedio (m²)	6,40
AHUELLAMIENTO (faja 4)	
Mediciones	Área (cm²)
Área (cm²)	45.930,96
	50.307,17
	52.746,89
	43.680,85
	50.364,96
Promedio (cm²)	48.606,16
Promedio (m²)	4,86
AHUELLAMIENTO (faja 5)	
Mediciones	Área (cm²)
Área (cm²)	47.026,51
	50.517,85
	46.854,36
	46.153,08
	48.132,91
Promedio (cm²)	47.736,94
Promedio (m²)	4,77

El nivel de severidad, determinado a partir de la profundidad del ahuellamiento varía, entre deterioros de mediana y baja severidad, ya que las profundidades de estas deformaciones se ubican entre los 3,72 cm y 1,37 cm de profundidad respectivamente. Las 5 fajas demarcadas ocupan un total de 23,99 m².

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 318 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Fisuras transversales

Se denominan así las fisuras se extienden en sentido transversal a la dirección del tránsito. Para este trabajo se registraron los metros lineales de la familia de juntas transversales que se muestra en la Figura 254 y se consigna en la Tabla 78. La severidad se evalúa en función del ancho promedio de las fisuras y del grado de ramificación.



Figura 254: Fisuras transversales. Tamo 3.

Tabla 78: Mediciones de fisuras transversales. Tramo 3.

Fisura transversal			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura
Longitud (cm)	84,94	Ancho de fisura	0,47
	72,00		0,49
	40,81		0,45
	39,65		0,24
	66,93		0,42
Promedio (cm)	60,86		0,27
Promedio (m)	0,61	Promedio (cm)	0,39

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 319 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 255: Fisuras transversales. Tramo 3 - imagen 0934.

Con un total de 3,04 m de extensión y una longitud promedio de 60,86 cm en cada una, las fisuras transversales relevadas presentan bajos niveles de severidad ya que la totalidad medida poseen un ancho promedio de fisura menor a 0,5 cm y no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes.

Piel de cocodrilo

La falla en cuestión se observa en la Figura 256 y sus parámetros se registraron en la Tabla 79.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 320 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 256: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3 - imagen 0934.

Tabla 79: Mediciones de fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3.

Piel de cocodrilo 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	41.154	Ancho de fisuras (cm)	0,97
	42.691		0,30
	40.977		1,01
	50.458		0,47
	46.041		0,29
Promedio (cm ²)	44.264,51		0,78
Promedio (m ²)	4,43	Promedio (cm)	0,64

Con una extensión de 4,43 m², la falla tipo piel de cocodrilo de la Figura 256 presenta un nivel de severidad medio – alto, ya que el ancho de las fisuras es mayor a 0,5 cm y se encuentran interconectadas entre sí, formando una malla cerrada de pequeños polígonos bien

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 321 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

definidos y con cierto nivel de descascaramiento; no obstante, ninguna de estas piezas han sido removidas.

Desintegración por peladuras

La superficie del tramo 3 presenta gran porcentaje de desprendimientos de agregados y peladuras. Debido a la escasa dimensión de los desprendimientos, solo se destacan en la Figura 257 las desintegraciones por peladuras, las que se mensuraron y fueron registradas en la Tabla 80.



Figura 257: Desintegración por peladuras. Tramo 3 - imagen 0934.

Tabla 80: Medición de desintegraciones. Tramo3.

DESINTEGRACIÓN 1			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	14,10	Área (cm ²)	152,30
	13,21		154,10
	14,06		163,13

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 322 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



	14,77		149,29
	13,37		154,70
Promedio (cm)	13,90	Promedio (cm²)	154,70
DESINTEGRACIÓN 2			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	9,22	Área (cm²)	67,42
	7,96		83,67
	7,12		86,08
	5,05		87,89
	8,61		98,12
Promedio (cm)	7,59	Promedio (cm²)	84,64
DESINTEGRACIÓN 3			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	16,07	Área (cm²)	167,95
	13,09		221,52
	15,44		170,35
	13,24		174,57
	14,44		227,54
Promedio (cm)	14,46	Promedio (cm²)	192,38
DESINTEGRACIÓN 4			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	24,12	Área (cm²)	274,49
	15,24		542,96
	17,56		642,89
	9,61		330,47
	15,21		307,60
Promedio (cm)	16,35	Promedio (cm²)	419,68
DESINTEGRACIÓN 5			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	20,00	Área (cm²)	202,26
	13,99		223,33
	14,85		302,18
	18,69		273,89
	10,82		226,94
Promedio (cm)	15,67	Promedio (cm²)	245,72
DESINTEGRACIÓN 6			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	12,62	Área (cm²)	119,19
	10,31		154,70
	11,98		198,04

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 323 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	11,89		210,68
	13,88		177,58
Promedio (cm)	12,14	Promedio (cm²)	172,04
DESINTEGRACIÓN 7			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	8,23	Área (cm²)	93,91
	12,49		115,58
	7,82		97,52
	11,23		87,28
	8,85		89,69
Promedio (cm)	9,72	Promedio (cm²)	96,79
DESINTEGRACIÓN 8			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	10,29	Área (cm²)	80,06
	11,41		76,45
	11,28		80,06
	10,28		86,68
	7,05		105,94
Promedio (cm)	10,06	Promedio (cm²)	85,84
DESINTEGRACIÓN 9			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	7,69	Área (cm²)	124,00
	8,17		84,88
	10,31		65,01
	7,61		77,65
	9,35		73,44
Promedio (cm)	8,62	Promedio (cm²)	85,00
DESINTEGRACIÓN 10			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	12,97	Área (cm²)	134,84
	13,04		130,62
	10,99		157,11
	15,66		122,20
	11,19		174,57
Promedio (cm)	12,77	Promedio (cm²)	143,87
DESINTEGRACIÓN 11			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	7,90	Área (cm²)	224,53
	11,85		147,48
	17,76		143,87

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 324 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	11,23		142,66
	14,43		170,35
Promedio (cm)	12,63	Promedio (cm²)	165,78

El porcentaje de área afectada por estas desintegraciones respecto del área total es de 0,42%, representando un bajo nivel de severidad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 325 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.2. RELEVAMIENTO FINAL (31/08/2022)

Como paso final para el procesamiento y evaluación de las fallas, se repite el procedimiento usado para el relevamiento inicial, luego se confrontan los resultados con el fin de determinar la evolución de las fallas en cada tramo. A partir de esa información se infiere el comportamiento de cada estabilización.

La edad de las capas estabilizadas al momento del relevamiento aerofotográfico final es de 511 días.

Al igual que para el relevamiento inicial, en la medición sobre las fotografías con dron, se empleó como escala la regla/nivel de 60 cm de longitud, que se observa en las imágenes aéreas, permitiendo dimensionar las fallas comparándolas con dicha regla.

También se utilizó una cámara manual con el fin de obtener en sentido transversal a la calzada, imágenes de detalle para poder medir correctamente la profundidad de ahuellamiento, anchos de fisuras, niveles de escalonamiento, etc. empleando como escala una cinta métrica y/o la regla/nivel mencionada.

Todas las mediciones se realizaron computacionalmente sobre las imágenes tomadas mediante ImageJ.

7.2.1. Tramo 1

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 258 son: $-31^{\circ} 23' 46.0''$ S, $-63^{\circ} 52' 56.0''$ O. Desde una altura de 10.3 m.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 326 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

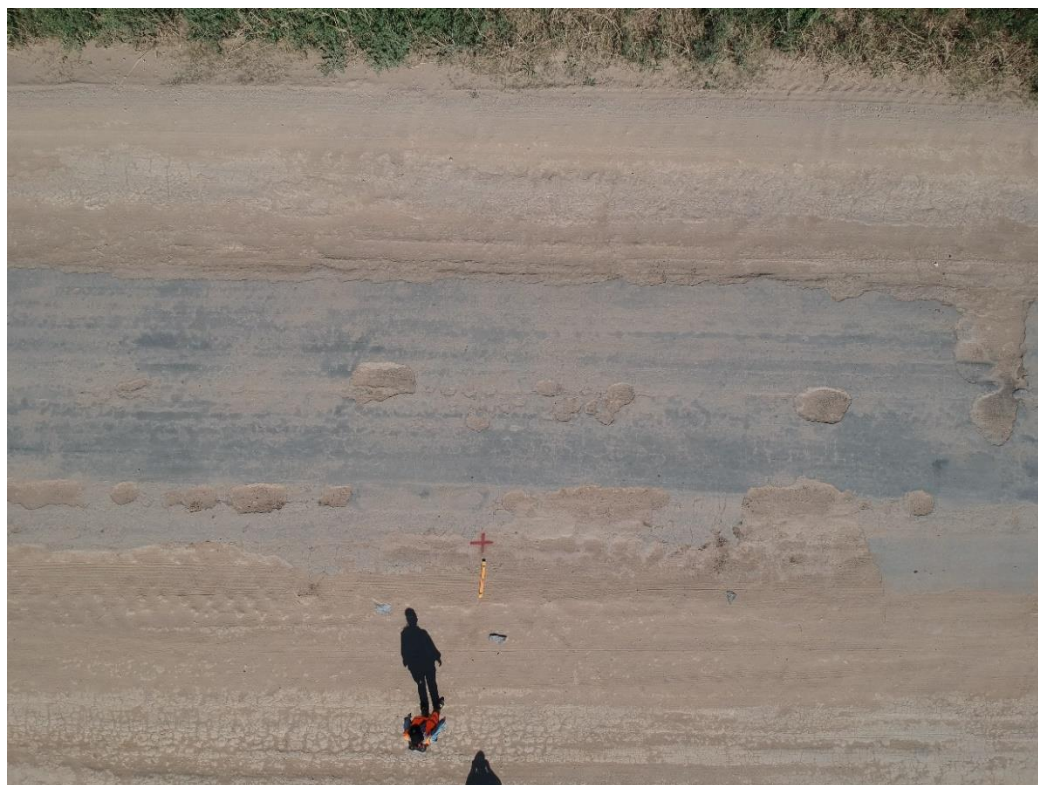


Figura 258: Imagen 1204 sin editar. Tramo 1.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 327 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 259: Imagen 1204 editada. Tramo 1.

7.2.1.1. Mediciones

Ahuellamiento

Como se muestra en la demarcación de la Figura 261, las huellas del primer relevamiento (Figura 238) se reubicaron en la banquina y en los bordes de calzada, como consecuencia de la intransitabilidad de la misma.

La profundidad de este ahuellamiento fue medida a través de la Figura 260 y registrada en la Tabla 81. La extensión del ahuellamiento, fue medida a través de la Figura 261 y se consignó en la Tabla 82.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 328 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 260: Profundidad tramo. Tramo 1 - relevamiento final.

Tabla 81: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.

PROFUNDIDAD 1	
Mediciones	Profundidad (cm)
Profundidad (cm)	3,61
	3,71
	3,90
	3,48
	3,47
	3,64
Promedio (cm)	3,64

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 329 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 261: Ahuellamiento. Tramo 1 - imagen 1204.

Tabla 82: Medición de ahuellamiento. Tramo 1.

AHUELLAMIENTO (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	149.913,38
	161.781,77
	144.517,15
	159.253,44
	159.340,18
Promedio (cm ²)	154.961,18
Promedio (m ²)	15,50
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	119.726,59
	113.151,09
	125.264,93
	122.480,07

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 330 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

	118.674,66
Promedio (cm²)	119.859,47
Promedio (m²)	11,99

De acuerdo a los resultados arrojados por la Tabla 81, el ahuellamiento presenta una profundidad promedio de deformación de 3,64 cm, correspondiente a un nivel de severidad medio, según el catálogo de fallas, ocupando un total de 27,48 m² entre las dos fajas demarcadas.

Fisura longitudinal

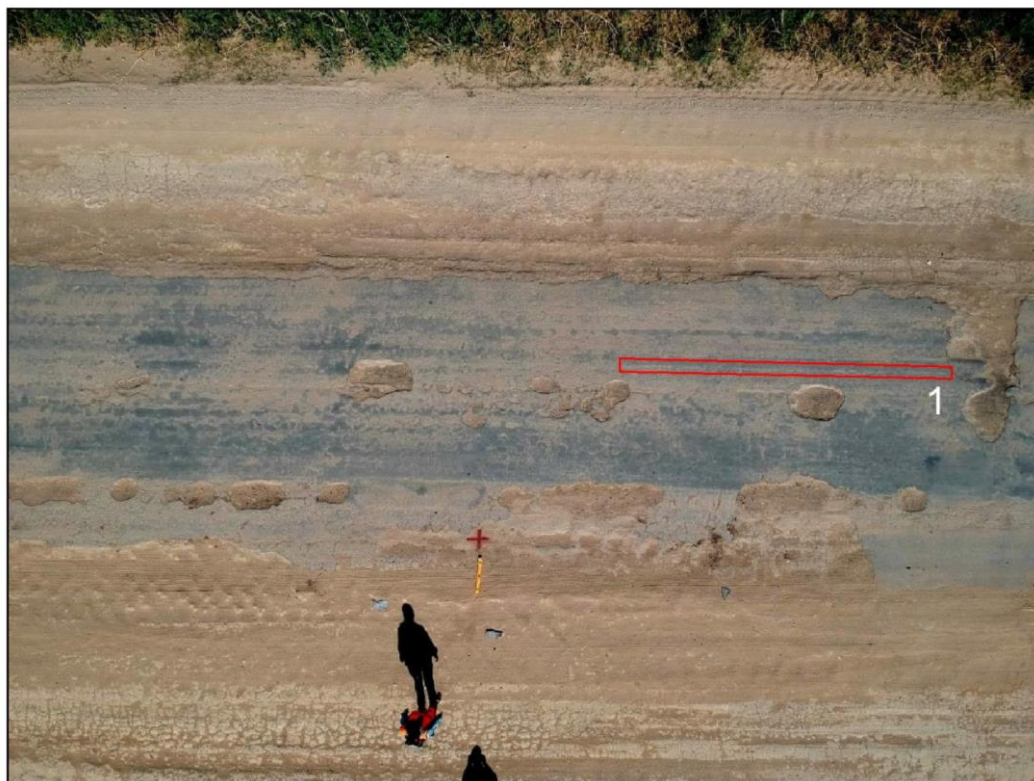


Figura 262: Fisura longitudinal. Tramo 1 - imagen 1204.

Tabla 83: Medición de fisuración longitudinal. Tramo 1.

FISURA LONGITUDINAL 1			
Mediciones	Longitud (cm)	Nivel de severidad	Ancho de fisura
Longitud (cm)	554,40	Ancho de fisura	2,80
	508,21		2,72

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 331 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

	507,50		3,17
	500,07		1,92
	478,27		2,75
Promedio (cm)	509,69		1,73
Promedio (m)	5,10	Promedio (cm)	2,52

Con un total de 5,10 m de extensión, esta fisura longitudinal presenta un nivel de severidad medio; a pesar de que tiene bordes descascarados y un ancho promedio de fisura mayor a 0,5 cm, no manifiesta fisuración múltiple ni ramificada, y al circular sobre ella, no causa balanceo o golpeteo del vehículo que genere incomodidad.

Piel de cocodrilo

A diferencia del primer relevamiento, en la Figura 263 solo se observa un área con fisuración tipo piel de cocodrilo, la cual está conformada por finas fisuras. Debido a eso se tomó una imagen en detalle como se ve en la Figura 264, para poder medir con precisión el ancho promedio de fisuras con ImageJ, mientras que con la Figura 263 solo se midió la extensión de la misma. Las mediciones se registran en la Tabla 84.



Figura 263: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 1- imagen 1204.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 332 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 264: Detalle piel de cocodrilo. Tramo 1.

Tabla 84: Medición de fisuración tipo piel de cocodrilo. Tramo 1.

PIEL DE COCODRILLO 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	15.749	Ancho de fisuras (cm)	0,20
	14.947		0,11
	14.476		0,03
	14.969		0,14
	15.399		0,16
Promedio (cm ²)	15.107,97		0,08
Promedio (m ²)	1,51	Promedio (cm)	0,12

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 333 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			

Con un total de 1,51 m², esta fisura de piel de cocodrilo presenta un nivel de severidad medio, ya que el ancho de fisuras promedio es menor a 0,5 cm y las mismas se encuentran interconectadas entre sí, formando polígonos con descascaramiento en sus intersecciones.

Baches

Se relevó las profundidades de los tres baches más deteriorados, los que se presentan en la Figura 265, como representativos del estado del tramo. Las mediciones correspondientes se registran en la Tabla 85.

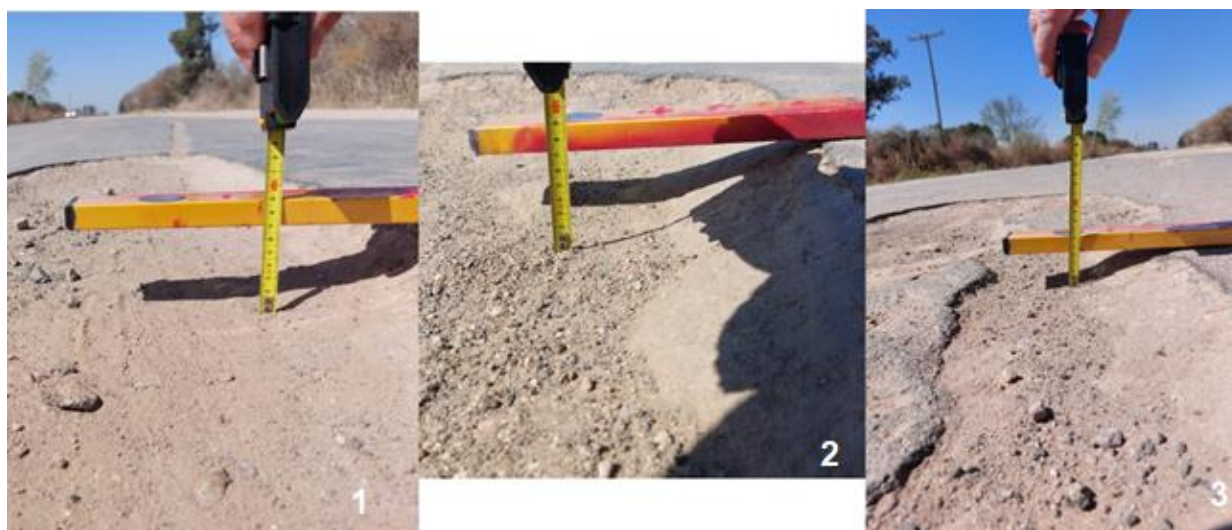


Figura 265: Profundidad de baches. Tramo 1.

Tabla 85: Medición de profundidad. Tramo 1.

PROFUNDIDAD DE BACHES			
Mediciones	Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3
Profundidad (cm)	6,79	7,59	4,18
	6,88	7,38	4,43
	6,88	7,60	4,46
	7,00	7,60	4,42
	6,93	7,32	5,02
Promedio (cm)	6,89	7,50	4,50

Las mediciones correspondientes a diámetros y extensión se consignan en la Tabla 86 de acuerdo con lo que muestra la Figura 266.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 334 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 266: Desintegración por baches. Tramo 1 - imagen 1204.

Tabla 86: Medición de baches. Tramo 1.

BACHE 1			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	42,82	Área (cm ²)	1.559,37
	45,89		1.536,18
	40,88		1.671,44
	36,25		1.603,81
	42,82		1.520,72
Promedio (cm)	41,73	Promedio (cm ²)	1.578,30
BACHE 2			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	44,70	Área (cm ²)	660,85
	13,56		684,04
	18,10		703,36
	24,50		624,13

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 335 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



	44,45		600,95
Promedio (cm)	29,06	Promedio (cm²)	654,66
BACHE 3			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	203,65	Área (cm²)	7.454,82
	69,81		7.626,80
	76,87		7.541,78
	55,59		7.478,01
	70,47		7.516,66
Promedio (cm)	95,28	Promedio (cm²)	7.523,61
BACHE 4			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	30,75	Área (cm²)	1.528,45
	52,35		1.541,98
	37,67		1.511,06
	31,24		1.574,83
	55,50		1.516,86
Promedio (cm)	41,50	Promedio (cm²)	1.534,63
BACHE 5			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	101,82	Área (cm²)	6.402
	79,51		6.435
	104,26		6.817
	62,72		6.522
	87,75		6.630
Promedio (cm)	87,21	Promedio (cm²)	6.560,94
BACHE 6			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	15,57	Área (cm²)	1.164,19
	16,10		1.001,27
	23,78		1.122,09
	23,25		1.177,00
	110,16		1.215,44
Promedio (cm)	37,77	Promedio (cm²)	1.136,00
BACHE 7			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	37,67	Área (cm²)	900,60
	24,58		988,46
	37,75		968,33
	36,73		876,80
	23,20		929,89
Promedio (cm)	31,99	Promedio (cm²)	932,81

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 336 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO	
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL	
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



BACHE 8			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	46,00	Área (cm ²)	1.054,36
	29,99		1.050,70
	40,15		1.107,44
	40,04		1.047,04
	48,39		1.098,29
Promedio (cm)	40,91	Promedio (cm ²)	1.071,56
BACHE 9			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	35,72	Área (cm ²)	1.116,59
	47,58		1.085,48
	28,82		1.155,04
	25,52		1.182,49
	36,42		1.127,58
Promedio (cm)	34,81	Promedio (cm ²)	1.133,43
BACHE 10			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	83,96	Área (cm ²)	3.232,63
	36,38		3.316,84
	71,64		3.126,46
	91,63		3.344,29
	74,69		3.358,94
Promedio (cm)	71,66	Promedio (cm ²)	3.275,83
BACHE 11			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	280,59	Área (cm ²)	11.599,77
	139,30		10.646,09
	54,57		11.590,62
	41,68		11.451,50
	35,64		11.605,26
Promedio (cm)	110,36	Promedio (cm ²)	11.378,65
BACHE 12			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	78,22	Área (cm ²)	4.819,66
	78,66		4.598,17
	74,84		4.858,10
	86,90		4.905,69
	67,88		4.759,26
Promedio (cm)	77,30	Promedio (cm ²)	4.788,18
BACHE 13			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 337 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Diámetro (cm)	280,27	Área (cm²)	43.882,16
	156,42		39.666,56
	203,54		42.551,40
	201,54		48.070,30
	299,13		41.127,28
Promedio (cm)	228,18	Promedio (cm²)	43.059,54
BACHE 14			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	50,34	Área (cm²)	1.673,06
	51,19		1.876,25
	46,08		1.678,55
	49,94		1.660,25
	45,06		1.834,14
Promedio (cm)	48,52	Promedio (cm²)	1.744,45
BACHE 15			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm²)
Diámetro (cm)	146,01	Área (cm²)	21.070,69
	236,79		20.190,22
	80,11		20.765,00
	119,83		20.812,59
	196,99		20.671,64
Promedio (cm)	155,95	Promedio (cm²)	20.702,03

A partir de la medición de las profundidades de los baches, se asignó el correspondiente nivel de severidad, según el catálogo de fallas del capítulo 3. Con relación a esta falla, solo una de las profundidades medidas pertenece al intervalo de 2,5 a 5 cm, mientras que las otras dos mediciones son mayores a 5 cm. Respecto de los diámetros, el promedio resultante de todas las mediciones, es de 75,48 cm, siendo el menor de ellos de 29,06 cm.

Ingresando a la tabla presentada en el catálogo de fallas con estos valores, la misma señala que la severidad oscila entre media y alta; pero al observar la imagen, todos los baches no solo presentan una gran extensión, sino que, los bordes agudos y las profundidades de los mismos son peligrosos para la circulación de vehículos, ya que pueden dañar los neumáticos o provocar otro tipo de inconvenientes, por lo tanto, se considerarán todos los baches con un alto nivel de severidad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 338 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO		
CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL		
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Rotura de bordes

La progresiva destrucción y pérdida del tratamiento superficial, como también del perfil transversal, generó desniveles y rotura de bordes, provocando una disminución en el ancho disponible para la circulación vehicular y cierto escalonamiento (Figura 267 y Figura 268). Dicho escalonamiento se midió según el desnivel entre la banquina y la superficie del pavimento, como se muestra en la Tabla 87.



Figura 267: Escalonamiento de borde. Tramo 1 – imagen1.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 339 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 268: Escalonamiento de borde. Tramo 1 – imagen 2.

Tabla 87: Nivel de escalonamiento. Tramo 1.

DESNIVEL DE ESCALONAMIENTO		
Mediciones	Imagen 1	Imagen 2
Profundidad (cm)	5,77	5,86
	6,05	5,76
	5,83	5,59
	6,12	5,74
	6,53	5,74
Promedio (cm)	6,06	5,74

Las longitudes afectadas por la rotura de borde no fueron medidas, ya que dicha patología se encuentra en toda la extensión del tramo, motivo por el cual, se decidió medir solo el desnivel.

En ambas imágenes, el desnivel se encuentra en el intervalo de 5 a 10 cm; tales valores indican que es posible la recuperación del control del vehículo y, por lo tanto, presentan un nivel medio de severidad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 340 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.2.2. Tramo 2

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 269 son: -31 23' 48.0" S, -63 52' 53.0" O.
Desde una altura de 10.2 m.

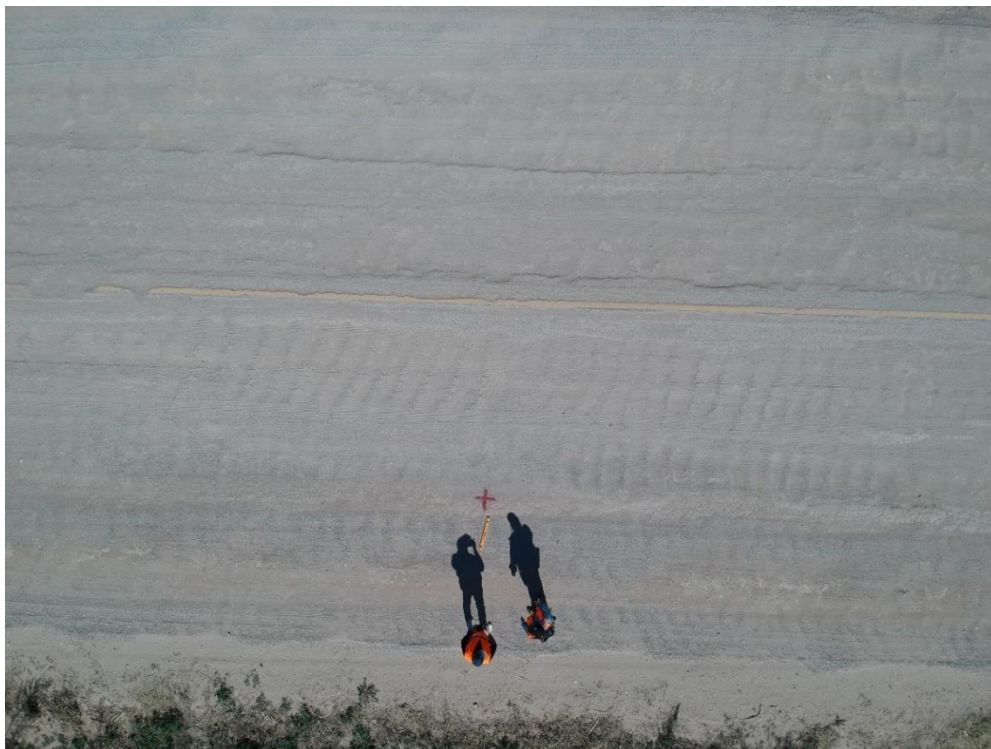


Figura 269: Imagen 1217 sin editar. Tramo 2.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 341 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

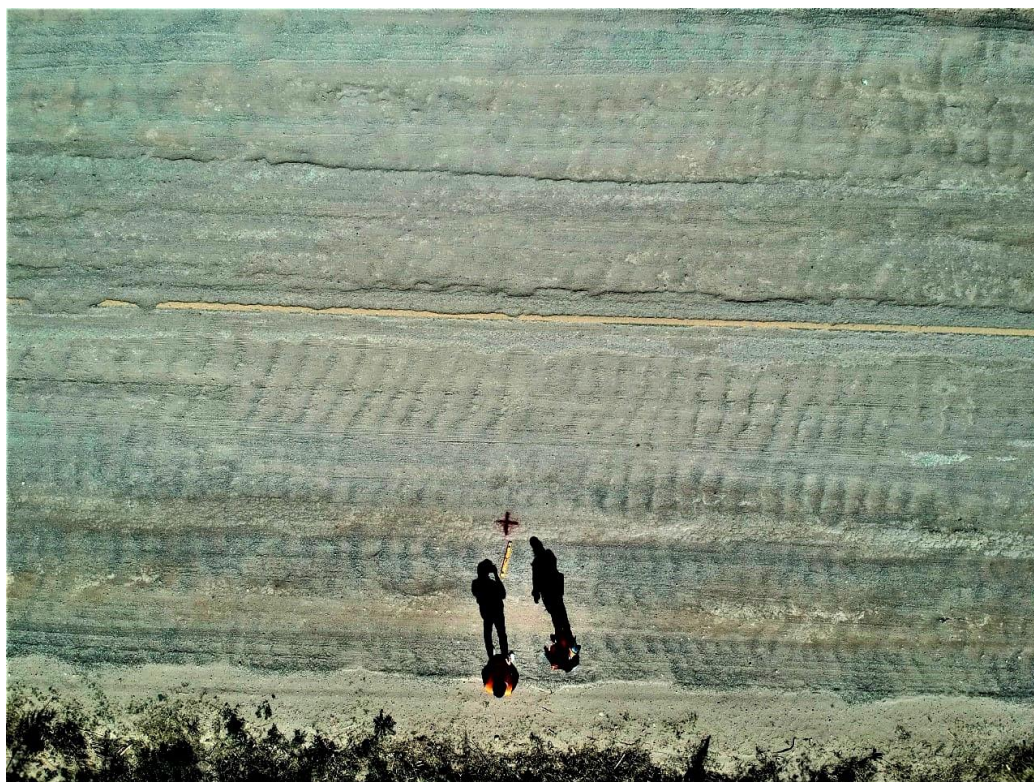


Figura 270: Imagen 1217 editada. Tramo 2.

7.2.2.1. Mediciones

Ahuellamiento

Como consecuencia de la desintegración de la calzada, parte del ahuellamiento existente en el primer relevamiento evolucionó y en su lugar surgieron nuevas fallas, permaneciendo un segmento de la falla original solo en el carril derecho. (Figura 272)

La profundidad de este ahuellamiento fue medida a través de las siguientes imágenes y los datos fueron registrados en la Tabla 88. Respecto de la extensión, se mensuró por medio de la Figura 272 y se registró en la Tabla 89.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 342 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 271: Profundidad. Tramo 2 - último relevamiento.

Tabla 88: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 2.

PROFUNDIDAD 1		PROFUNDIDAD 1	
Mediciones	Profundidad (cm)	Mediciones	Profundidad (cm)
Profundidad (cm)	3,29	Profundidad (cm)	3,73
	3,25		3,76
	3,18		3,50
	3,36		3,43
	3,31		3,12
Promedio	3,28	Promedio	3,51

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 343 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 272: Ahuellamiento. Tramo 2 - imagen 1217.

Tabla 89: Medición de ahuellamiento. Tramo 2.

AHUELLAMIENTO (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	321.670,90
	294.342,14
	283.563,00
	302.666,50
	291.503,35
Promedio (cm ²)	298.749,18
Promedio (m ²)	29,87
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	326.935,57
	347.228,26
	338.282,46
	302.883,28
	334.017,05
Promedio (cm ²)	329.869,32
Promedio (m ²)	32,99

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria		Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana		Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias		Revisión: 02	Página 344 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA			

Análogamente, para caminos rurales y caminos pavimentados, la profundidad promedio de deformación medida fue de 3,40 cm, lo que corresponde a un nivel medio de severidad; la falla abarca un área total de 62,86 m².

Ondulación/ Corrugación

A diferencia del primer relevamiento, se midió la profundidad de las ondulaciones (Figura 273) así como la separación de las crestas (Figura 274), consignadas en la Tabla 90. Con la imagen de la Figura 275 se midió la superficie total de ocupación de la falla y los datos se registraron en la Tabla 91.



Figura 273: Profundidad de corrugaciones. Tramo 2.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 345 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 274: Separación entre crestas de corrugación. Tramo 2.

Tabla 90: Profundidad y separación de crestas de corrugación. Tramo 2.

PROFUNDIDAD CORRUGACIÓN		SEPARACIÓN ENTRE CRESTAS	
Mediciones	Profundidad (cm)	Mediciones	Separación (cm)
Profundidad (cm)	5,90	Separación (cm)	43,30
	5,64		42,15
	5,76		35,96
	5,75		37,09
	5,51		45,27
Promedio	5,71	Promedio	40,75

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 346 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Figura 275: Ondulación/corrugación tramo 2 - imagen 1217.

Tabla 91: Medición de ondulación/corrugación. Tramo 2.

CORRUGACIÓN (faja 1)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	1.080.471,93
	1.063.420,61
	1.047.038,22
	1.042.843,01
	1.018.993,05
Promedio (cm ²)	1.050.553,36
Promedio (m ²)	105,06
CORRUGACIÓN (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	294.292,59
	296.964,15
	314.814,45
	347.007,35
	311.261,32

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 347 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Promedio (cm ²)	312.867,97
Promedio (m ²)	31,29
CORRUGACIÓN (faja 3)	
Mediciones	Área (cm²)
Área (cm ²)	492.239,79
	492.031,27
	496.348,29
	509.534,72
	510.800,30
Promedio (cm ²)	500.190,87
Promedio (m ²)	50,02

De acuerdo con la información obtenida, se determina cualitativamente que el camino se encuentra con un alto nivel de severidad, ya que, la dificultad para el control del vehículo causada por las ondulaciones es importante, siendo necesaria la reducción de la velocidad para evitar situaciones potencialmente peligrosas.

Por otro lado, al analizar cuantitativamente la profundidad entre crestas, se debe optar por una categorización específica: la correspondiente a caminos rurales o la referida a caminos pavimentados a fin de determinar el nivel de severidad. Para este trabajo se decide por los valores proporcionados para caminos rurales, pues, la disposición en la que se encuentran las ondulaciones, posee gran semejanza con los denominados “serruchos” frecuentes en los caminos de tierra. Considerando que la ocupación total es de 186,36 m² y la profundidad promedio de ondulación se encuentra dentro del intervalo 2,5 a 7,5 cm, se establece que el nivel de severidad es medio.

La evaluación cualitativa y la cuantitativa no coinciden respecto de los niveles de severidad, por lo que, teniendo en cuenta la peligrosidad para el tránsito en la zona relevada, se la categoriza con un alto nivel de severidad, siendo necesaria una remediación de la superficie, para poder transitar con seguridad el camino.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 348 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

7.2.3. Tramo 3

Las coordenadas del punto de toma de la Figura 276 son: $-31^{\circ} 23' 56.0''$ S, $-63^{\circ} 52' 43.0''$ O.
Desde una altura de 10.7 m.

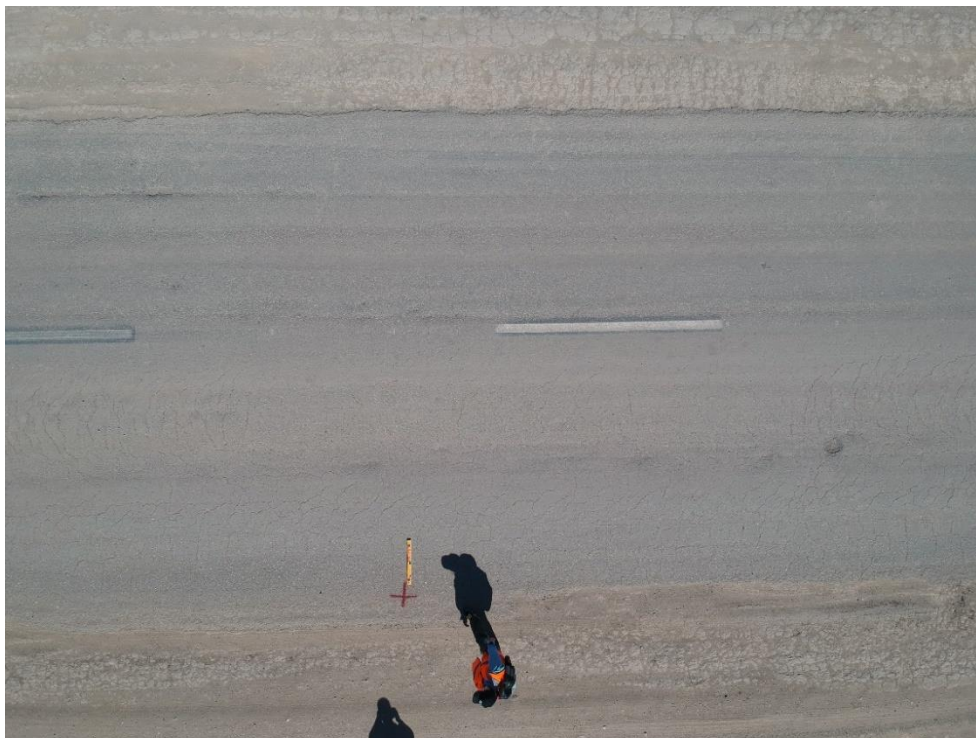


Figura 276: Imagen 1256 sin editar. Tramo 3.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 349 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 277: Imagen 1256 editada. Tramo 3.

7.2.3.1. Mediciones

Ahuellamiento

Las profundidades de ahuellamiento se midieron a través de las imágenes de la Figura 278, y las mediciones de la extensión de los mismos se encuentra en la Tabla 93.



Figura 278: profundidades de ahuellamiento. Tramo 3

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 350 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Tabla 92: Medición de profundidades de ahuellamiento. Tramo 3.

PROFUNDIDAD 1		PROFUNDIDAD 2		PROFUNDIDAD 2	
Mediciones	Profundidad (cm)	Mediciones	Profundidad (cm)	Mediciones	Profundidad (cm)
Profundidad (cm)	1,01	Profundidad (cm)	1,64	Profundidad (cm)	1,34
	0,81		1,73		1,33
	0,86		1,64		2,05
	0,90		1,66		2,07
	0,84		1,61		2,23
Promedio	0,88	Promedio	1,65	Promedio	1,80



Figura 279: Ahuellamiento. Tramo 3 - imagen 1256.

Tabla 93: Medición de ahuellamiento. Tramo 3.

AHUELLAMIENTO (faja 1)

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 351 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	175.575,26
	153.435,63
	144.187,38
	142.886,12
	141.362,47
Promedio (cm ²)	151.489,37
Promedio (m ²)	15,15
AHUELLAMIENTO (faja 2)	
Mediciones	Área (cm ²)
Área (cm ²)	66.698,70
	75.330,90
	70.714,22
	62.761,92
	67.886,12
Promedio (cm ²)	68.678,37
Promedio (m ²)	6,87

La falla abarca un total de 22,37 m² y, a diferencia del primer relevamiento, el ahuellamiento en ambos carriles presenta bajos niveles de severidad. Se advierte que la profundidad de deformación del carril izquierdo (Figura 279: faja 1) ha disminuido, como consecuencia de que el ahuellamiento aumentó en superficie y los puntos más altos que estaban presentes en el relevamiento anterior también han descendido.

Piel de cocodrilo

El ancho de las fisuras fueron medidas mediante la Figura 281, mientras que para el área afectada se usó la Figura 280 y los datos se registraron en la Tabla 94.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 352 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 280: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3 - imagen 1256.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 353 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 281: Fisuras tipo piel de cocodrilo en detalle. Tramo 3.

Tabla 94: Medición de fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3.

PIEL DE COCODRILO 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	178.654,46	Ancho de fisuras (cm)	1,09
	206.460,92		1,23
	201.048,38		0,56
	215.552,77		0,88
	216.408,22		0,13
Promedio (cm ²)	203.624,95		0,22
Promedio (m ²)	20,36	Promedio (cm)	0,68

La piel de cocodrilo encontrada en el primer relevamiento aumentó en extensión, alcanzando los 20,26 m², así como en el nivel severidad, que paso de medio – alto a definitivamente alto, ya que el ancho promedio de fisura es mayor a 0,5 cm. Sin embargo, la malla formada por esta patología aún conserva sus bordes con niveles moderados de descascaramientos y sus piezas no fueron removidas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02
Página 354 de 422	
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	

Fisuras en arco

Las fisuras transversales presentadas en el primer relevamiento, evolucionaron para formar fisuras en arco, conocidas también como fisuras “parabólicas” o de “media luna”. (Figura 282) Se registraron los m² de superficie afectada por fisuras en arco y los anchos de fisuras para obtener el promedio de las mismas, como se muestra en la Tabla 95.



Figura 282: Fisuras parabólicas en detalle. Tramo 3.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 355 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 283: Fisuras parabólicas. Tramo 3 - imagen 1256.

Tabla 95: Mediciones de fisuras en arco. Tramo 3.

FISURAS EN ARCO 1			
Mediciones	Área (cm ²)	Nivel de severidad	Ancho de fisuras (cm)
Área (cm ²)	167.519,74	Ancho de fisuras (cm)	0,49
	189.845,57		0,38
	178.390,59		0,96
	151.435,32		1,10
	160.551,64		0,11
Promedio (cm ²)	169.548,57		0,81
Promedio (m ²)	16,95	Promedio (cm)	0,64

La superficie total afectada por este tipo de fisuración es de 16,95 m². Aunque generalmente no se definen niveles de severidad, dado que es suficiente con indicar la existencia de estas fallas, en este caso y debido a que tienen un ancho promedio menor a 1

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 356 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

cm (0,64 cm), se establece que tienen un nivel bajo de severidad a efectos de decidir la inmediatez de su tratamiento.

Desintegración por pérdida de agregados/ peladuras

La imagen de detalle de la Figura 284, muestra que los agregados que forman parte de la calzada se encuentran en estado “suelto”, dejando en el área pequeñas cavidades y, en consecuencia, una superficie cada vez más rugosa y de ese modo, más expuesta a la acción abrasiva del tránsito y del clima.



Figura 284: Detalle de pérdida de agregados. Tramo 3.

Por su parte, en la Figura 285 se destacan las zonas donde hay desintegración por pérdida de agregados y peladuras.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 357 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

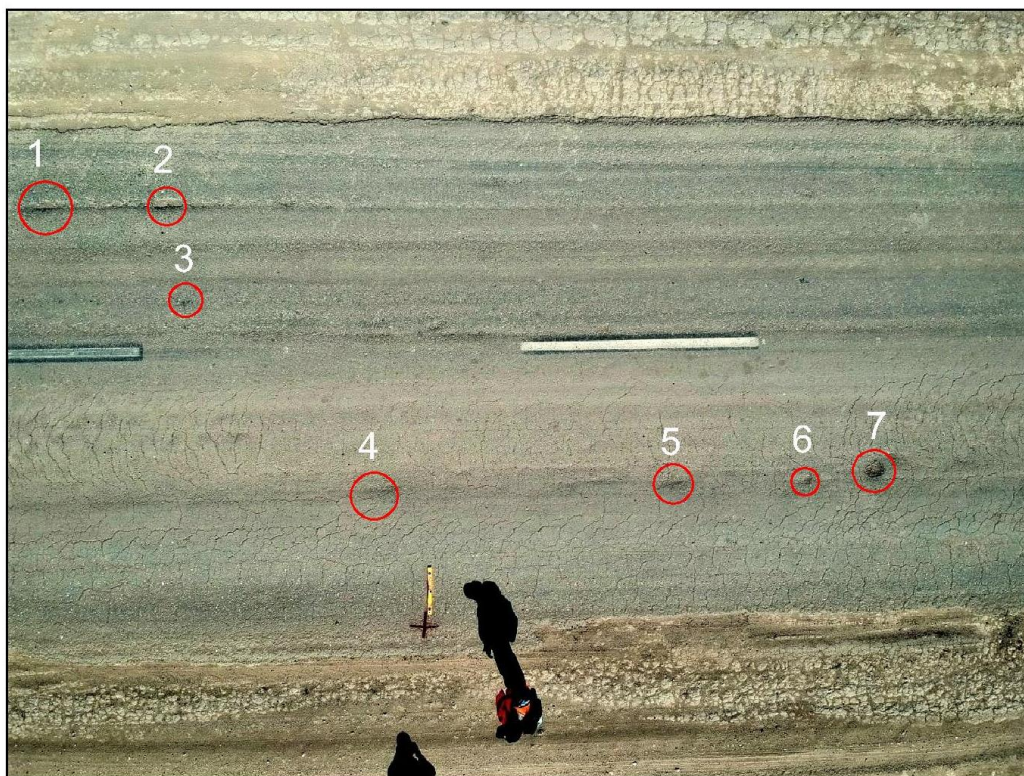


Figura 285: Desintegración por pérdida de agregados/ peladuras. Tramo 3 - imagen 1256.

Tabla 96: Medición de desintegraciones. Tramo 3.

DESINTEGRACIÓN 1			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	34,59	Área (cm ²)	241,33
	12,38		280,88
	8,83		272,37
	16,61		276,86
	18,60		222,38
Promedio (cm)	18,20	Promedio (cm ²)	258,76
DESINTEGRACIÓN 2			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	29,81	Área (cm ²)	333
	19,74		453
	17,57		309
	30,43		419
	26,34		437
Promedio (cm)	24,78	Promedio (cm ²)	390,27
DESINTEGRACIÓN 3			

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02 Página 358 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA	



Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	8,59	Área (cm ²)	87,25
	9,67		112,78
	9,12		136,19
	8,42		100,02
	8,10		109,59
Promedio (cm)	8,78	Promedio (cm ²)	109,17
DESINTEGRACIÓN 4			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	9,85	Área (cm ²)	185,14
	19,19		212,80
	16,74		210,67
	18,17		187,26
	16,84		197,90
Promedio (cm)	16,16	Promedio (cm ²)	198,75
DESINTEGRACIÓN 5			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	20,12	Área (cm ²)	171,30
	15,07		193,65
	12,20		195,78
	16,19		156,41
	16,88		184,07
Promedio (cm)	16,09	Promedio (cm ²)	180,24
DESINTEGRACIÓN 6			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	13,69	Área (cm ²)	184,28
	14,83		198,11
	11,70		203,22
	15,11		215,99
	11,35		201,10
Promedio (cm)	13,34	Promedio (cm ²)	200,54
DESINTEGRACIÓN 7			
Mediciones	Diámetro (cm)	Mediciones	Área (cm ²)
Diámetro (cm)	25,38	Área (cm ²)	464,97
	19,68		492,63
	23,59		522,42
	24,15		487,31
	23,00		492,63
Promedio (cm)	23,16	Promedio (cm ²)	491,99

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 359 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



El porcentaje de área afectada, respecto del área total de la Figura 285, es del 0,21%, este valor indica que las desintegraciones se encuentran con bajos niveles de severidad. En cambio, en la Figura 284 se puede observar que el desprendimiento de agregados es significativo porque la superficie del pavimento presenta una textura abierta, rugosa, y con partículas sueltas fácilmente disgregables. Por lo tanto, cabe decidir que el nivel de severidad es medio, teniendo en cuenta que, al analizar los diámetros medidos, algunas de las cavidades formadas por las desintegraciones, pueden ser consideradas como pequeños baches.

Estrías longitudinales

Se trata de una desintegración lineal de la capa, que forma “surcos” paralelos al eje de la vía, en coincidencia con la dirección del riego. Este tipo de falla se registra en metros cuadrados, pero como se ve en la Figura 286, está presente a lo largo de todo el carril derecho.

El nivel de severidad está en función de las condiciones prevalecientes. En este caso, los surcos manifiestan pérdida de material de superficie y ciertas desintegraciones, por lo que se le puede asignar un nivel medio - bajo de severidad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 360 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 286: Estrías longitudinales. Tramo 3 - imagen 1256.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 361 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.3. COMPORTAMIENTO DE TRAMOS

Como se refirió anteriormente, el concepto de “mejoras progresivas” en estos tramos estabilizados, parte de la base de una conformación de capas de espesor y resistencia menor que la correspondiente a un proyecto vial realizado según normas AASHTO, o de la D.N.V.

Es por ello que el relevamiento y la obtención del Índice de Estado debe efectuarse mediante una metodología eficiente, rápida y sencilla, como la que se expone en el presente trabajo, mediante el uso de drones y de procesamiento digital de imágenes, de modo de detectar a tiempo el grado de deterioro de las capas estabilizadas, a fin de reforzarlas antes de que se pierda la capacidad estructural mínima. Así, periódicamente se podrá ir aumentando la capacidad del paquete estructural hasta llegar al que correspondería a un proyecto acorde con las normas. Esto implica una inversión gradual basada en la utilización de la “compactación histórica” y el “crecimiento hacia arriba” de los caminos rurales.

En este apartado se presenta el análisis de los resultados expuestos en el punto anterior, con el fin de definir el comportamiento de cada tramo estabilizado, con ayuda del catálogo de fallas del Capítulo 4.

Las fallas identificadas y medidas son las relevantes para cada tramo; es decir, son las más evidentes y frecuentes a lo largo de los 200 m de cada uno. Las imágenes fueron tomadas desde distintos lugares y se seleccionaron las que presentan mayor variedad de patologías.

7.3.1. Tramo 1

Las fallas presentes en este tramo responden a la siguiente clasificación:

- Deformaciones
- Fisuraciones y agrietamientos
- Desintegraciones

En el último relevamiento realizado el 31/082022, se observó un marcado deterioro del carril izquierdo, desde Monte Cristo a Capilla de los Remedios, debido a la existencia de una cantera de áridos en Capilla de los Remedios, razón por la cual, los vehículos pesados que parten desde esa localidad lo hacen cargados cuando transitan por este carril. Actualmente el tránsito circula por las banquetas del tramo estabilizado, debido al avanzado deterioro del mismo.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 362 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Se puede deducir del tramo 1, que su comportamiento es del tipo flexible, ya que en pavimentos rígidos la existencia de deformaciones permanentes no es posible y, al presentar agrietamientos y fisuraciones, tampoco se comporta como un camino rural. Según lo expuesto en el capítulo 3, en los caminos de tipo rural las fisuraciones y/o agrietamientos no son fallas habituales. El tramo 1 ha superado largamente su momento de intervención, presentando deformaciones permanentes con compromiso de toda la capa estabilizada y de la subrasante, además de fisuraciones reflejas de la capa estabilizada en la imprimación reforzada y de tipo piel de cocodrilo, propias del envejecimiento de dicha imprimación.

El análisis de las fallas permite deducir que, con la calzada ya fisurada, el agua de lluvia comenzó a alojarse e infiltrarse, provocando en algunos sectores la remoción de material que, sumado al paso de vehículos pesados, produce un debilitamiento total de las superficies dañadas y la desintegración de las mismas; todo esto, en conjunto con la erosión en estas zonas, originó la formación de baches y desintegraciones.

Una vez formadas estas cavidades, se incrementan la profundidad, extensión y número de las mismas, acelerándose aún más debido a la retención de agua e infiltraciones en capas inferiores y por la acción del tránsito vehicular.

Respecto a las roturas y escalonamientos de bordes, la acción del tránsito sobre el área del pavimento próxima a estos acelera el desarrollo de deterioros, ya que estas zonas se encuentran debilitadas por efecto de un deficiente confinamiento lateral o falta de banquina, falta de sobreebanco en capas inferiores e ingreso de agua lateral.

7.3.2. Tramo 2

Las fallas presentes en este tramo responden a la siguiente clasificación:

- Deformaciones
- Desintegraciones

El carril más deteriorado de este tramo es el izquierdo, como sucede con el tramo 1 y como consecuencia de los mismos factores.

El tramo 2, ha perdido completamente la capa estabilizada y presenta un comportamiento semejante a un camino de tierra, con pérdida de agregados (imagen 0920). La falta de cohesión del material, junto con la presencia de agregados mayores a 5 mm sometidos a la

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 363 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



acción del tránsito, originan cordones en los bordes de las huellas, formados por el desplazamiento de los agregados más gruesos. Este tipo de falla puede observarse en el catálogo de fallas (Capítulo 4). Las ondulaciones que se muestran en la Imagen 1217, son del tipo “serrucho”, un tipo de deterioro propio de los caminos de tierra. La pérdida del perfil transversal, erosión, desintegración de bordes y, sobre todo, la presencia de polvo en suspensión, son patologías determinantes a la hora de calificar como rural el comportamiento de este tramo.

El tramo 2 comenzó a deteriorarse a través de deformaciones, debido al insuficiente espesor del paquete. Posteriormente, con la acción del tránsito, la falta de cohesión en estas capas y la susceptibilidad a la erosión (eólica y fluvial), comenzó la desintegración de toda la calzada con pérdida de agregados, pérdida del perfil transversal y las ondulaciones adoptaron la forma de serrucho, debido al estado suelto del material, acelerándose este proceso en épocas secas.

7.3.3. Tramo 3

Las fallas presentes en este tramo responden a la siguiente clasificación:

- Deformaciones
- Fisuraciones y agrietamientos
- Desintegraciones

En este tramo, el deterioro se manifiesta marcadamente en el carril izquierdo en sentido Montecristo-Capilla de los Remedios con agrietamientos y fisuraciones, debido a las razones relacionadas con el tránsito de vehículos de carga, mencionadas en el punto 7.3.1.

Al igual que el tramo 1, el tramo 3 posee un comportamiento del tipo flexible, ya que las fallas que caracterizan este tramo son las deformaciones permanentes y las fisuras. Sin embargo, a diferencia del tramo 1, el desempeño de la emulsión asfáltica en esta estabilización ha sido primordial para resistir los esfuerzos provocados por las cargas de tránsito, como así también para dar impermeabilidad y adhesión entre las partículas, dando como resultado las fallas expuestas en la Tabla 99; las cuales en su mayoría son de media y baja severidad, excepto por la piel de cocodrilo en el último relevamiento, causada por el tránsito pesado.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 364 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Cabe señalar que, las fisuras transversales medidas en el primer relevamiento evolucionaron dando origen a las fisuras en arco presentes en el último. La ubicación de las mismas, coinciden con las huellas del tránsito del carril izquierdo, el más cargado, por lo tanto, el paso de estas cargas sobre el reducido espesor de la capa, colocada sobre una superficie fácilmente disgregable como es la base de suelo–cemento–aditivo iónico, es una de las posibles causas que dio origen al desarrollo de esta patología.

Por otro lado, la fractura de agregados por efecto de presiones aplicadas durante la compactación en el proceso constructivo y/o por el tráfico vehicular, puede haber posibilitado que las partículas sueltas o parcialmente recubiertas sean levantadas por el tránsito y, en conjunto con la erosión, estos desprendimientos fueron progresando formando las desintegraciones presentes en los relevamientos.

Respecto a la rotura de bordes, esta falla no fue medida debido a que en el primer relevamiento no había indicios de la misma; no obstante, en el último recorrido se presentaba en zonas aisladas del carril izquierdo. Al igual que en el tramo 1, la acción del tránsito sobre el área del pavimento próxima a los bordes acelera el desarrollo de deterioros, ya que estas zonas se encuentran previamente debilitadas por efecto de un deficiente confinamiento lateral, es decir, falta de banquina, falta de sobreebanco en capas inferiores y por el ingreso de agua lateral.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 365 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.4. CONCLUSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TRAMOS

El comportamiento de los tramos permite inferir las causas del deterioro y planificar las acciones a ejecutar, en función del nivel de severidad y del estado en que se encuentra cada tramo. Es decir, establecer el punto donde habría que ejecutar un refuerzo para mantener la capacidad soporte de las capas materializadas en función de las mejoras progresivas.

7.4.1. Tramo 1

Con un comportamiento del tipo flexible, el punto definido para ejecutar un refuerzo o las acciones correspondientes en la capa estabilizada, se basa en la severidad de las fallas. Se establece como inaceptable un estado medio/alto de severidad, considerando los m² de superficie de calzada afectados por las patologías presentes y, sobre todo, el criterio propio para interpretar la combinación de los distintos factores.

De acuerdo con la Tabla 97, para poder mantener una capacidad residual en la capa estabilizada, el momento cuando se debería haber realizado una primera intervención fue inmediatamente después del relevamiento inicial (13/05/2021); interviniendo específicamente las fallas correspondientes a fisuraciones y agrietamientos, ya que son las únicas que presentaron severidades medias/altas y la superficie total afectada por las mismas fue de 7, 64 m² (21,81%). Tan solo 36 días después de haber sido terminado el tramo, la superficie tenía un total de 17,22 m² de afectación total (49,16%).

Al no intervenir rápidamente sobre estas patologías, de acuerdo a la severidad en que se encontraban, se alojó e infiltró agua, comprometiendo así toda la estructura. Al revertir esta situación con un recapado asfáltico, la capacidad residual de la capa y su vida útil habrían subsistido en el tiempo y se podría seguir la planificación basada en “mejoras progresivas”. Dado que no se efectuó ningún tipo de intervención, los deterioros siguieron avanzando tanto en severidad cuanto, en extensión, a un extremo tal que, 511 días después, la superficie de la calzada medida con la imagen 1204 muestra un total de 10, 71 m² cubierta de baches de alta severidad, haciendo intransitable la calzada, acabando con su vida útil y, en consecuencia, la pérdida de toda la inversión realizada. Por estas razones, al momento del relevamiento final, habría sido necesaria la reconstrucción del paquete estructural.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 366 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Tabla 97: Resumen de fallas. Tramo 1.

RELEVAMIENTO INICIAL (13/05/2021)				
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Intervención
Ahuellamiento	Media/Baja	9,03	25,78%	Ninguna acción
Fisuras longitudinales	Media/Alta	0,20	0,58%	Sellado de fisuras
Piel de cocodrilo	Media/Alta	7,44	21,23%	Recapado
Desintegraciones	Media/Baja	0,09	0,25%	Ninguna acción
Baches	Baja	0,47	1,33%	Ninguna acción
Total		17,22	49,16%	

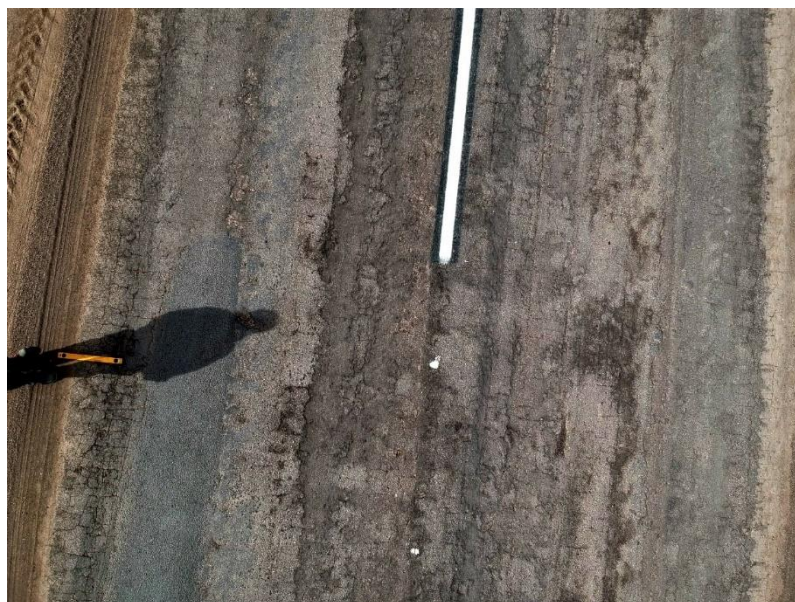


Figura 287: Imagen 0894. Tramo 1.

RELEVAMIENTO FINAL (31/11/2022)				
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Intervención
Ahuellamiento	Media	27,48	32,99%	Bacheo superficial nivelante: mezcla en frío / en caliente.
Fisuras longitudinales	Media	0,13	0,15%	Sellado de fisuras
Piel de cocodrilo	Media	1,51	1,81%	Bacheo extendido

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 367 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

Desintegraciones	x	0	0,00%	-
Baches	Alta	10,71	12,86%	Bacheo profundo + recapado
Total		39,83	47,82%	



Figura 288:Imagen 1204.Tramo 1.

7.4.2. Tramo 2

Dado que el tramo 2 tiene un comportamiento del tipo rural, la metodología utilizada para seleccionar las actividades de conservación y mantenimiento es la propuesta por la Asociación Argentina de Carreteras (2018), explicada en el Capítulo 4. Es por ello que en la Tabla 98, además de las mediciones realizadas a través del programa, se muestra un análisis cualitativo, que permite calificar el comportamiento de este tramo como si fuera un camino rural y clasificarlo de acuerdo al índice de estado.

En este caso, al momento del relevamiento inicial, la superficie de rodadura no presentaba deterioros elevados y en general no hubo restricciones en la circulación durante todo el año. Las obras de arte y los drenajes se encontraban en condiciones aceptables. La velocidad de circulación era aproximadamente entre 40 y 60 km/hs. Por lo tanto, podría haberse realizado un perfilado sin extracción lateral, con la finalidad de eliminar los ahuellamientos y las irregularidades superficiales (longitudinales y transversales). Pero, aun así, la intervención

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 368 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



podría haberse realizado un mes después y, considerando que este tramo se está analizando como rural, el estado en que se encontraba a los 36 días fue clasificado como “bueno”.

A partir del relevamiento final la superficie de rodadura presentó deterioro y desintegración superficial; como consecuencia de esto, se debía circular con precaución en épocas de lluvia, con una velocidad que no debía superar los 40 km/hs. El tramo 2 se está considerando como un camino de tierra con un comportamiento “regular”, porque la desintegración de la capa estabilizada fue total, o sea, no cumplió con el desempeño que se esperaba.

En un lapso de 511 días, se debería haber realizado un perfilado con extracción lateral y el agregado de una nueva capa de 0 – 14 con aditivo polimérico, lo que aseguraría un buen curado de la capa. Esta tarea implicaría la limpieza de las cunetas y una recuperación del perfil transversal de la calzada sin la necesidad de realizar grandes movimientos de suelos.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 369 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 98: Resumen de fallas. Tramo 2.

RELEVAMIENTO INICIAL (13/05/2021)							
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Estado	Deterioro Existente (Análisis cualitativo)	Índice de estado	Intervención
Ahuellamiento	Baja	15,55	28,58%	Bueno	Irregularidades superficiales: moderadas Deformaciones localizadas: bajas Ahuellamiento o deformación longitudinal: importante Corrugaciones/ondulaciones: elevadas Pérdida del perfil transversal: poco Pérdida de materiales: elevado Drenaje: moderado	6 a 7	Perfilado sin extracción lateral
piel de cocodrilo	Media/Baja	10,40	19,11%				
Pérdida de agregados	Media	17,66	32,46%				
Ondulación/Corrugación y baches	Media	13,77	25,31%				
Total		57,38	105,46%				

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 370 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 289: Imagen 0920. Tramo 2.

RELEVAMIENTO FINAL (31/08/2022)							
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Estado	Deterioro Existente (Análisis cualitativo)	Índice de estado	Intervención

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 371 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Ahuellamiento	Media	62,86	29,78%	Regular	Irregularidades superficiales: altas Deformaciones localizadas: moderadas Ahuellamiento o deformación longitudinal: importante Corrugaciones u ondulaciones: excesivas (*) Los baches fueron sustituidos por corrugaciones y ondulaciones Pérdida del perfil transversal: elevado Pérdida de materiales: elevado Drenaje: malo	4 a 6	Perfilado con extracción lateral y agregado de una nueva capa de 0 – 14 con aditivo polimérico
piel de cocodrilo	x	0	0,00%				
Pérdida de agregados	x	0	0,00%				
Ondulación/corrugación (*)	Alta	186,36	88,28%				
Total		249,22	118,05%				

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 372 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 290: Imagen 1217.Tramo 2.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 373 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.4.3. Tramo 3

De acuerdo con lo expuesto en el apartado 7.3.3, el desempeño de este tramo es satisfactorio, ya que, a pesar de ser conformado en base a una capa de espesor y resistencia menor a la adecuada, al momento del relevamiento inicial debería haberse realizado un bacheo extendido en las fisuras tipo piel de cocodrilo, teniendo en cuenta que el área afectada total de la era de 28,64 m² (65,70%).

Al momento del relevamiento final, se debería haber realizado alguna intervención para mantener la capacidad residual de la estructura y continuar con la política de “mejoras progresivas”. Esta posible intervención se basaría en que la superficie total afectada era de 37,21 m², debido a las fisuras en arco y piel de cocodrilo, de media/alta severidad.

Por otro lado, las desintegraciones de la calzada también aumentaron en severidad y en extensión y no se ejecutó un recapado asfáltico como refuerzo para corregir el deterioro.

Tabla 99: Resumen de fallas. Tramo 3.

RELEVAMIENTO INICIAL (13/05/2021)				
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Intervención
Ahuellamiento	Media/Baja	23,99	55,04%	Ninguna acción
Fisuras transversales	Baja	0,030	0,07%	Ninguna acción
Fisuras en arco	x	0	0,00%	-
Piel de cocodrilo	Media	4,43	10,16%	Bacheo extendido
Desintegraciones	Baja	0,18	0,42%	Ninguna acción
Total		28,64	65,70%	

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 374 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

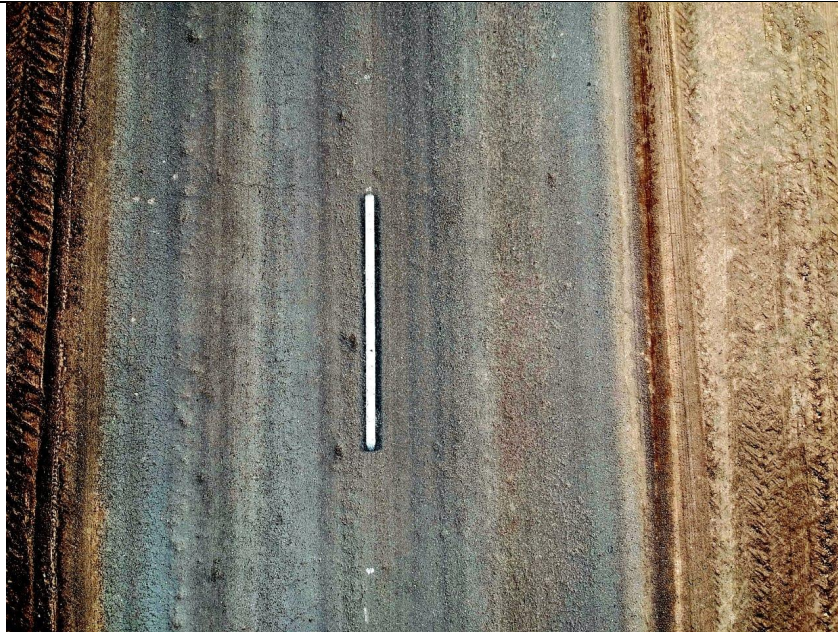


Figura 291: Imagen 0934. Tramo 3.

RELEVAMIENTO FINAL (31/08/2022)				
Fallas	Severidad	Superficie total de falla (m ²)	Porcentaje de afectación (%)	Intervención
Ahuellamiento	Baja	22,37	22,48%	Ninguna acción
Fisuras transversales	x	0	0,00%	-
Fisuras en arco	Baja	16,95	17,03%	Relleno de fisuras
Piel de cocodrilo	Media/Alta	20,26	20,36%	Recapado
Desintegraciones	Media/Baja	0,18	0,18%	Recapado
Estrías longitudinales	Media	38,36	38,55%	Sellado de la superficie
Total		98,12	98,60%	

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 375 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

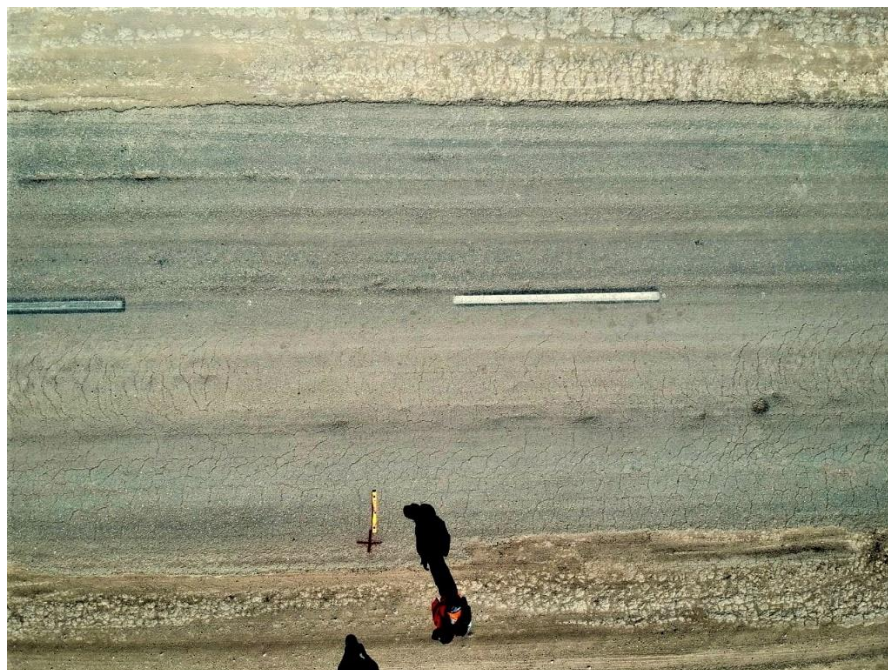


Figura 292: Imagen 1256. Tramo 3.

Independientemente de las tres técnicas y estabilizadores experimentados, la infiltración de agua a través de pequeñas fallas, como fisuras, fue uno de los factores más importantes para el deterioro de los tramos.

En la Tabla 100 se puede observar cómo, con el paso del tiempo, los m² de superficie afectada fueron aumentando significativamente, no obstante no se incrementaron en la misma medida los niveles de severidad. Al comparar los m² de falla en el relevamiento final de los tramos 1 y 3, el tramo 3 presenta mayor superficie de falla, pero el nivel de severidad es menor respecto del tramo 1, por lo que la estabilización presentó un mejor desempeño con relación a los otros dos tramos.

En consecuencia, a la hora de evaluar el mantenimiento de un camino, debería prevalecer el nivel de severidad de las fallas por sobre la extensión de las mismas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 376 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 100: Resumen de fallas en m².

FALLAS en m ²	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	Relev. Inicial	Relev. Final	Relev. Inicial	Relev. Final	Relev. Inicial	Relev. Final
Ahuellamiento	9,03	27,48	15,55	62,86	23,99	22,37
Fisuras longitudinales	0,201	0,128	-	-	-	-
Fisuras transversales	-	-	-	-	0,03	-
Fisuras en arco	-	-	-	-	-	16,95
Piel de cocodrilo	7,44	1,51	10,40	-	4,43	20,26
Desintegraciones/Pérdida de agregados	0,088	-	17,66	-	0,18	0,18
Baches	0,465	10,71	-	-	-	-
Ondulación/Corrugación	-	-	13,77	186,36	-	-
Estrías longitudinales	-	-	-	-	-	38,36
Total	17,22	39,83	57,38	249,22	28,64	98,12

Constructivamente algunas de las causas que podrían haber contribuido con el deterioro de estos tramos serían:

- En las capas de suelo-cemento, la principal causa de fallas podría ser la disgregación del material estabilizado causado por la pérdida de humedad de la estructura o la deficiente terminación superficial.
- La utilización de rodillos “pata de cabra” suele traer aparejado algunas dificultades en la terminación superficial de las capas. Estos siempre dejan una capa superior suelta, de dos o tres centímetros, que no logran “cerrar” por el tipo de compactación y amasado que producen; la que además habrá perdido las condiciones óptimas de humedad.
- Cuando se trabaja con reclamadora, es una práctica bastante usual iniciar la construcción de la próxima sección de trabajo ubicando el tambor mezclador solapado unos centímetros sobre lo realizado en la jornada anterior, buscando garantizar que no queden sectores sin tratamiento. No obstante, de esta manera se suele formar una junta con borde redondeado, de forma tal que la capa tendría en esta zona un espesor variable, que se rompería fácilmente en el extremo más delgado.
- La presencia de una falla superficial, aun siendo milimétrica, sería suficiente para iniciar un proceso de erosión y deterioro prematuro.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 377 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



7.5. CONCLUSIÓN DE LOS ESTABILIZADORES

Las ventajas principales de este tipo de estabilizadores son:

- La capacidad de interacción y la posibilidad, no solo de reducir grandes porcentajes de estabilizantes como los hidráulicos tradicionales: cal, cemento, etc., sino que también mejoran su efecto.
- La maquinaria necesaria para su aplicación es la habitual que dispone cualquier municipio.
- Reducen la permeabilidad del suelo.
- Permiten el retratamiento.
- Reducen la contaminación provocada por la emisión de polvo.
- Particularmente, la estabilización con aditivos iónicos es permanente ya que se generan reacciones químicas en el suelo tratado; por lo tanto, si el suelo no fue transportado por la erosión, no sería necesaria la reaplicación de producto. Además, permite el uso inmediato de la cancha una vez terminado el trabajo, siempre y cuando se respeten las humedades y densidades óptimas.
- El polímero utilizado es un producto inocuo, soluble en agua, no contiene productos químicos contaminantes; o sea, no afecta negativamente a las personas, los animales ni al medioambiente. Por otra parte, lubrica el suelo ayudando a lograr la máxima densidad en la compactación. Estas características hacen posible su aplicación con confianza, incluso en las áreas más sensibles desde el punto de vista ambiental, como las zonas de amortiguamiento de los humedales.

Más allá de las ventajas destacadas, se observaron resultados adversos que no coincidían con lo planificado y pudieron ser consecuencia de otros factores, por ejemplo, climáticos, o debido a los porcentajes de aditivos utilizados.

Los porcentajes de aditivo utilizados podrían haber sido incrementados a fin de obtener una capa más resistente y con mayor capacidad soporte, pero sin utilizar porcentajes indeseables que rigidizarían demasiado la superficie, lo que presentaría problemas de

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 378 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		

transitabilidad. Sin embargo, con lo observado en los relevamientos y de acuerdo con los resultados del comportamiento de los tramos, se puede decir que la premisa que adoptó la empresa fue usar un porcentaje bajo de estabilizante para evitar la rigidez de la que se habla al principio de este párrafo.

Cabe destacar que se relevó un tramo de camino donde otra empresa aplicó un porcentaje de aditivo tal que dio como resultado un capa rígida e intransitable donde el tránsito tenía que circular por la banquina. (Figura 293, Figura 294 y Figura 295). Teniendo en cuenta esta situación, la empresa que experimentó en los tramos expuestos en este trabajo optó por bajar el porcentaje de aditivo.



Figura 293: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 379 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 294: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial



Figura 295: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 380 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



En el tramo 3, tratado con suelo-agregado-emulsión, se logró una adecuada estabilidad ante la sollicitación de cargas, con una durabilidad que superó las expectativas y una flexibilidad que trabajará satisfactoriamente con las capas que se deberán materializar en el futuro.

7.6. CONCLUSIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Con la implementación de estas nuevas técnicas, se pudo comprobar que la evaluación visual a través del procesamiento de imágenes digitales, es posible y, al mismo tiempo, una alternativa viable para la evaluación de todo tipo de pavimento. Particularmente en este caso, no solo sirvió como herramienta para la evaluación de estado, sino también como instrumento determinante para poder definir el comportamiento de los diferentes tramos estabilizados. En otro sentido, facilitó la identificación de las posibles causas que incidieron en el deterioro de cada capa, además de advertir sobre las averías en los futuros tramos. Por otro lado, es una guía para estimar el potencial comportamiento de las futuras estabilizaciones a materializar.

Respecto del aspecto económico, fundamental en la realización de proyectos de cualquier índole, se destacan las ventajas de la metodología en cuanto a este factor, no desde un profundo análisis de costos (el cual no es motivo de este trabajo), sino en lo relacionado con el tiempo de operación. Poniendo como ejemplo la situación planteada por Rosa (2020:9), una obra promedio de caminería consta de etapas del orden de los 10 km y generalmente, se releva 1 km por día; si se suma a ese lapso las tareas previas, se puede hablar de al menos 15 días solo de trabajo de campo para esa longitud.

La duración de los relevamientos realizados con dron, en promedio fueron de 1,30 hs para 0,6 km de longitud. Estimando un relevamiento similar y fijando jornadas laborales de 8 hs, 10 km de camino se podrían relevar en un lapso de entre 3 y 4 días. No obstante, a este tiempo se suma el tiempo de procesamiento de imágenes, o sea el trabajo de gabinete que, por ser digitalizado, también significa una reducción importante de tiempos con relación a la mensura y análisis a través de la metodología tradicional.

Otra ventaja de esta metodología es que las tecnologías disponibles para este tipo de tareas son relativamente económicas. Existe una gran variedad de modelos de drones entre los que se puede elegir el tipo más adecuado para el trabajo a realizar. Además, toda la información obtenida es reproducible en cualquier momento a fin de analizar la evolución de

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 381 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



las fallas en el tiempo, establecer las medidas preventivas de conservación en un tramo determinado y también que se puede extrapolar lo experimentado a nuevas situaciones.

No obstante, hubo algunos inconvenientes a destacar como, por ejemplo, la existencia de fallas tan pequeñas que no fueron posibles de medir por distintas razones: falta de precisión en la altura y el ángulo del dron (corregidos en el desarrollo de la investigación) y/o días ventosos que influían en el normal desempeño del dron, por lo que las tomas no eran las óptimas y hubo que repetirlas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 382 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 8 : CONCLUSIONES FINALES

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 383 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Sobre el tramo de la ruta provincial s425 tratado con 3 procedimientos de estabilización diferentes, se efectuaron relevamientos con imágenes de dron que permitieron comparar los resultados de las estabilizaciones y el análisis de los deterioros.

Para el tramo de estudio se desarrolló un sistema de información geográfica en base a mapas de suelos digitales que permitió conocer para la etapa de planificación el tipo de suelo, que resultó ser A4 (Clasificación HRB -AASHTO), tratándose de suelos limosos de capacidad soporte media a baja.

Los relevamientos mediante imágenes de drones, complementados con mediciones en el terreno, resultaron eficientes para el objetivo de lograr resultados rápidos que permitieran proyectar intervenciones en el momento adecuado. La velocidad promedio del relevamiento con dron fue de 1000 m en 150 minutos.

El tramo 1 tratado con imprimación de emulsión asfáltica E.A.I reforzada con arena, presentó un comportamiento de tipo flexible, manifestando en el relevamiento inicial, ahuellamiento y fisuración tipo piel de cocodrilo como falla con mayor extensión superficial.

Para mantener alguna capacidad residual en la capa estabilizada, se debería haber realizado una intervención en el momento del relevamiento inicial (36 días de edad) de sellado de fisuras y grietas, ya que son las únicas que presentaron severidades medias/altas en una superficie de afectación de 7,6 m² (21,8%).

Sumados a otros deterioros, el tramo presentaba para esa edad, un deterioro superficial de 17,2 m² (49,16%).

La falta de intervención oportuna llevó a una situación en el relevamiento final (511 días de edad) de una superficie de 10,7 m² (30,7 %) cubierta de baches de alta severidad, haciendo intransitable la calzada, acabando con su vida útil y, en consecuencia, la pérdida de la inversión realizada.

En el tramo 2, tratado con un espesor de 7 cm de material granular 0–14 + aditivo polimérico, el nivel de severidad de los deterioros fue medio/bajo, destacándose la pérdida de agregados y el ahuellamiento. Se determinó un comportamiento de estructura de tipo rural (camino de tierra estabilizado) y fue objeto de un análisis cualitativo, que permite clasificarlo de acuerdo al índice de estado.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 384 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Al momento del relevamiento inicial, la superficie de rodadura no presentaba deterioros habiendo sido calificado el tramo con un índice de estado “bueno”.

En el relevamiento final la desintegración de la capa estabilizada fue total definiéndose un índice de estado “regular”, ya que aún permitía el tránsito vehicular, en su condición de camino de tierra.

El tramo 3, tratado con un espesor de 5 cm de material granular + emulsión EMA presentó un comportamiento de paquete estructural flexible y el nivel de severidad en los deterioros fue bajo. La falla más importante fue el ahuellamiento y en menor medida la piel de cocodrilo.

Al momento del relevamiento inicial presentó fisuras tipo piel de cocodrilo, en un área afectada total de 28,6 m² (65,7%) y al momento del relevamiento final, la superficie total afectada por los diversos tipos de deterioros fue de 37,21 m², (fisuras en arco y piel de cocodrilo, de media/alta severidad). Por otro lado, las desintegraciones de la calzada también aumentaron en severidad y en extensión.

En el análisis comparativo de los tres tramos y al momento del relevamiento final se observó que el ahuellamiento fue una de las fallas con mayor afectación; seguida de baches en el tramo 1, ondulación y corrugación en el tramo 2 y estrías longitudinales en el tramo 3.

El tramo 3, tratado con suelo-agregado-emulsión, fue el único en el que se logró una adecuada estabilidad en el período de tiempo analizado y el mantenimiento de una estructura residual podría ser reforzado en un plan de mejoras progresivas.

En cuanto al comportamiento de los agentes estabilizantes del tramo 1, donde la estructura se compone de suelos A4 estabilizados con un 2% de cemento portland más un aditivo iónico, se pudo establecer que ambos porcentajes, tanto el de cemento como el de aditivo podrían haber sido incrementados, manteniéndose la flexibilidad de la estructura y evitando la indeseable rigidez que afecta la transitabilidad.

El tramo 2, con una capa superficial de material granular y aditivo polimérico en un 2% presentó una pérdida muy grande de agregados, por lo que se considera insuficiente el porcentaje utilizado, mientras que, para la capa inferior, similar a la del tramo 1 (suelo A4, cemento portland y aditivo iónico), valen iguales consideraciones que las realizadas para el tramo 1.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 385 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



En cuanto al tramo 3, que presenta los resultados más auspiciosos para el tipo de intervención de que se trata, la mezcla de material granular y emulsión, realizada in situ, con equipo básico, conformó una capa de rodamiento durable, que protegió a la capa inferior observándose para esta última, al igual que en los otros tramos un comportamiento flexible, que podría haber sido mejorado con una mayor cantidad de aditivo iónico, sin caer en la rigidización del paquete.

Para poder llevar a cabo la identificación, evaluación de las fallas, analizar sus posibles causas y luego proponer alternativas de mantenimiento e intervención, se elaboró un “catálogo de fallas” incorporando las existentes para pavimentos flexibles, rígidos y caminos rurales, que demostró ser de gran utilidad.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 386 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Capítulo 9 : RECOMENDACIONES

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 387 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Cualquiera sea el modo de estabilización realizado, el origen de numerosas fallas podría ser provocado durante los procesos constructivos, por tal motivo se recomienda tener en cuenta que:

- Cuanto más se demoren las tareas de corte y perfilado final, más débil será la capa con mala adhesión entre las partículas y mayor la susceptibilidad al bombeo. Esto implicaría un retardo en la compactación que daría como resultado una importante pérdida de resistencia, ya que dichos procesos tenderían a “romper” las estructuras formadas durante la hidratación del suelo-cemento.
- En el caso del perfilado de la mezcla suelo-cemento adjudicada por el reciclador, se debería evitar el tránsito excesivo de la motoniveladora sobre el material suelto, para minimizar la formación de “planos” o “franjas” selladas por los neumáticos, difíciles de ser compactadas posteriormente.
- Una incorrecta dosificación del cemento, en especial la falta de uniformidad, conllevaría a dispersiones de resistencia y, en consecuencia, se formarían sectores más propensos a fallas.
- La falta de solapes adecuados entre las fajas de trabajo, podrían generar juntas longitudinales de material sin tratar, que fomentaría averías en dichas juntas.
- En las tareas de incorporación de agua para lograr la humedad óptima, es necesario tener en cuenta los solapes longitudinales, dado que en dichos lugares se podría exceder en la adición de agua, dando lugar a la formación potencial de baches y desintegraciones.
- Durante las tareas de compactación y terminación, se recomienda mantener un contenido óptimo de humedad que permitiría la consolidación y terminación sin fisuramientos superficiales, ondulaciones, ahuellamiento o desplazamiento de material.
- Las condiciones de aplicación deben respetarse estrictamente, sobre todo la humedad, la dosificación de producto y la compactación, para que los resultados sean los esperados. El mantenimiento de las pendientes es fundamental; la pendiente transversal mínima es del 4% y no deberían realizarse aplicaciones cuando la lluvia sea inminente.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 388 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- En suelos con alto contenido de materia orgánica, aunque los estabilizadores se pueden aplicar, no se los recomienda cuando son vías con tránsito de mediana o alta carga, dado su variabilidad volumétrica en el tiempo.
- Para aumentar la resistencia y durabilidad de la capa, es preferible aumentar el porcentaje de aditivo, en relación al usado en el experimento en cuestión, teniendo en cuenta de que no sea un porcentaje tal que provoque rigidez lo que volvería intransitable la calzada.
- Finalmente, el uso de productos estabilizantes sin los controles y la puesta en obra necesaria podrían tener un comportamiento indeseado; pero, a medida que avanza el tiempo, los resultados de estas tecnologías son cada vez más alentadores, de manera que podrían reemplazar la forma tradicional de materialización de las capas, como una opción más económica, eficaz, amigable con el medio ambiente y beneficiosa para la población rural.

Respecto de las metodologías aplicadas, se recomienda:

- Antes de comenzar el relevamiento, realizar pruebas para definir la posición del dron más favorable para la medición. En el caso presentado se puede notar que la dirección del dron en el relevamiento final es más favorable que en el inicial, por lo que en futuros relevamientos se debería mantener la misma dirección del dron, pero ajustando la altura, para obtener mayor nitidez en las tomas.
- Planificar los vuelos antes de cualquier campaña, considerando las condiciones del tiempo (la dirección y la velocidad del viento), además de la posición del sol a la hora de tomar las fotografías (recomendable entre las 8:00 am y las 2 pm). Otro factor a tener en cuenta es la elección de un objeto adecuado para determinar la escala en el programa y prever eventuales cambios de batería, etc.
- Planificar las salidas en días de poco tránsito con lo que se evitaría la presencia de polvo en suspensión que distorsionarían la imagen y porque entorpecería el trabajo en general.
- Se sugiere realizar el inventario de fallas en lapsos controlados, generalmente entre 6 y 12 meses; aunque, tratándose de capas de espesores insuficientes cuyo deterioro es acelerado, los plazos podrían acortarse hasta 3 o 4 meses durante el primer año de vida útil.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 389 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Es necesario remarcar que, para aplicar correctamente la metodología investigada, la evaluación visual de los deterioros en una vía y su correcta comparación, las imágenes medidas en los diferentes relevamientos deberían ser tomadas en la misma posición y desde el mismo lugar. Para este trabajo, prevaleció el relevamiento de la mayor cantidad de fallas posibles, en detrimento de las cuestiones técnicas del dron y el contexto de trabajo. La metodología es eficiente siempre que se tenga en cuenta que las fotos también son un elemento primordial para la aplicación. Por ejemplo, para evaluar la evolución de una misma falla se tomaría fotos en distinto tiempo, pero usando las mismas variables y coordenadas.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 390 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



BIBLIOGRAFÍA

- Administradora Boliviana de Carreteras. (Diciembre de 2011). Manual de Diseño de Conservación Vial . Manuales técnicos. Bolivia.
- Andrade, D., Hernández, K. D., & Salomón, M. L. (30 de Noviembre de 2020). Revisión de las metodologías de evaluación y tipos de rehabilitación de las patologías presentes en pavimentos flexibles. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Andrade, D., Hernández, K. D., & Salomón, M. L. (30 de 11 de 2020). Revisión de las metodologías de evaluación y tipos de rehabilitación de las patologías presentes en pavimentos flexibles. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Asesoría Técnica de ARGOS. (22 de Mayo de 2017). Tipos de deterioros en pavimentos de concreto. Obtenido de https://datospdf.com/download/tipos-de-deterioro-en-pavimentos-de-concreto-_5ae629fcb7d7bcf338f26c15_pdf
- Asociación Argentina de Carreteras. (Abril de 2018). Manual de Caminos Rurales. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Cardenas Robles, J. N. (2012). Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados. Lima, Perú.
- Carignano, C. A., Krohling, D., Degiovanni, S., & Cioccale, M. A. (2014). Geomorfología . En A. g. argentina, Geología de superficie (págs. 747-823). Córdoba .
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles. México.
- Corredor M., G., & Corros B., M. (Agosto de 2010). Maestría en Vías Terrestres: Evaluación de Pavimentos. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cruz Toribio, J. O. (2018). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). Perú.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 391 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Daniel Eduardo González Morgado. (2018). Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito. Santiago de Chile, Chile: Universidad Andres Bello.

Daños en pavimentos. (2019). Marhuenda F. Cátedra de Vías de Comunicación II. Universidad Católica de Córdoba.

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (1990). Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. República Dominicana: Dirección General de Reglamentos y Sistemas.

Departamento de Tecnología y Laboratorio. (2008). Curso de actualización en técnicas de laboratorio- Estabilización química. Dirección Provincial de Vialidad , Córdoba.

Department of the Army, the Navy and the Air Force, EEUU. (1994). Soil stabilization for pavements. TM 5-822-14.

Diccionario de Geotecnia. (19 de Julio de 2021). Diccionario de Geotecnia en español. Obtenido de <https://www.diccionario.geotecnia.online>

Dirección de Ingeniería – Área de Construcción. (s.f.). Introducción a la Mecánica de Suelos. INACAP.

Dirección Nacional de Vialidad. (1981). Metodología de evaluación de estado de los pavimentos. Buenos Aires, Argentina: Dirección Nacional de Vialidad - Dirección General de Conservación.

Directoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. NORMA DNIT 006/2003 – PRO. Rio de Janeiro, Brasil. Ministério dos Transportes.

Frías, R., Quintana, E., Bonalumi, A., & Sfragulla, J. (s.f.). La obra vial generadora del desarrollo regional sustentable. Córdoba, Argentina.

González Morgado, D. (2018). Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito. Santiago de Chile, Chile. Universidad Andrés Bello.

Grupo BITAFAL. (31 de Julio de 2017). Grupo BITAFAL. Obtenido de <https://bitafal.com.uy/estabilizado-restriccion-perdida-finis/>

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 392 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Inc., S. S. (s.f.). The Skyscraper center. Obtenido de <https://www.skyscrapercenter.com/>
- Instituto Mexicano del transporte. (1991). Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles de carreteras mexicanas. México.
- IRAM. (2000). Norma IRAM 50000.
- Janberg, N. (s.f.). Structurae. Obtenido de <https://structurae.net/en/>
- Keller, G., & Sherar, J. (2005). Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Gestión de Caminos Rurales. México. US Agency for International Development (USAID).
- Laboret, M. V. (7 de Agosto de 2015). Revista Vial. Obtenido de <https://revistavial.com/texturizado-de-pavimentos-de-hormigon/>
- Martino, R., Guerreschi, A., Carignano, C., Sfragulla, J., & Bonalumi, A. (2020). Mapa geológico de la provincia de Córdoba. Buenos Aires: SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO.
- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.
- Mollendo Rodríguez, E. (2022). Evaluación de fallas superficiales por el método URCl, uso de VANT en comparación frente al método tradicional carretera Huamancharpa Cusco 2021. Lima, Perú.
- Olano Rubio, J. (13 de Septiembre de 2016). Evaluación de la condición de la capa de rodadura del camino vecinal tramo: Trapichillo - Vista Hermosa, Distrito de Cumba. Cajamarca, Perú.
- Organization, T. D. (s.f.). The Durst Organization. Obtenido de <https://www.durst.org/>
- Quezada-Osoria, S. (2017). Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación . Pirhua .
- Quintana , E., & Lozano Menehem , M. (2021). Nuevas metodologías de evaluación de tramos estabilizados en caminos rurales. Cordoba.

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 393 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



- Rivera, J. F., Aguirre-Guerrero, A., Mejia de Gutierrez, R., & Orobio, A. (10 de junio de 2020). Informador Técnico. Obtenido de Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión): http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530/3417#toc
- Rodas Montenegro, J., & Ybarra Chauca, L. J. (2018). Análisis comparativo de daños en el pavimento con tecnología LCMS y método semiautomatizado para determinar PCI tramo Morripón - Puente la Gallega (Piura). Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Rosa, E. (Noviembre de 2020). Utilización de Drones para Relevamientos Lineales. Uruguay.
- Ruiz Correa, A. E. (2019). Influencia de la incorporación de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso. Cajamarca-Perú.
- Sanchez Tamay, B. D. (2018). Evaluación de la condición superficial de la carretera no pavimentada el milagro – el Zapote - mediante dos técnicas unsurfaced road maintenance management y conservación vial, provincia de Utcubamba. Chachapoyas, Perú.
- Sosa , M., Caldo , A., Halles, F., & Tenoux, G. (2019). Guía para la evaluación y selección de aditivos estabilizadores de materiales granulares y suelos en caminos de bajo tránsito -. Paraguay: Simón Arriaza, Rodolfo Segovia, Fernando Paniagua. .
- Toirac Corral, J. (2008). El suelo-cemento como material de construcción. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Obtenido de Red de Revistas Científicas: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>
- Toledo, P. J., Cruz, M. P., & Martin Schmädke, I. F. (2015). Manual del laborarotio para suelos de Córdoba. Córdoba: Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.
- Vanegas Miranda, J. (2012). Análisis del Pavement Condition Index (PCI) a partir del inventario de daños realizado por diferentes metodologías en pavimentos asfálticos. Bogotá, Colombia. Universidad de los Andes.
- Vasconcelos Fernandes, R., Fonseca Cabral, A., Batista Dantas, G., Varela Tinoco, V., Azevedo da Silveira, B., & Sousa Junior, A. (2021). Mapeo de manifestaciones

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 394 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



patológicas en pavimento asfáltico por medio del uso de drones. Revista ALCONPAT, 61 - 72. Obtenido de <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.521>

Vázquez Varela, I. L. (Febrero de 2002). Pavement condition index (PCI). Manual PCI. Manizales, Colombia.

Viscarra Agreda, F. (2005). El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos. Bolivia .

Weather Spark. (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/28320/Clima-promedio-en-Monte-Cristo-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o#>

Wikipedia. (9 de Junio de 2021). *Wikipedia* . Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Tarifas_de_congesti%C3%B3n_de_Londres

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 395 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



REFERENCIAS

Figuras

Figura 1: Ubicación camino S425.....	4
Figura 2: Estructura de pavimento flexible.....	13
Figura 3: Sección típica de un pavimento flexible.....	15
Figura 4: Sección típica de pavimento rígido.....	18
Figura 5: Categorías según SUCS.....	20
Figura 6: Carta de plasticidad de Casagrande según SUCS.....	23
Figura 7: Carta de plasticidad de Casagrande según AASHTO.....	25
Figura 8: Sierras Pampeanas (línea amarilla), Llanura Chacopampeana (línea verde) ...	31
Figura 9: Modelo digital del terreno de la provincia de Córdoba.....	32
Figura 10: Mapa geológico regional- Sierras de Córdoba.....	34
Figura 11: Mapa de suelos para uso vial.....	35
Figura 12: Triángulo Granulométrico de selección de aditivo.....	42
Figura 13: Fases de estabilización.....	46
Figura 14: Rugosímetro tipo B.P.R.....	62
Figura 15: Procedimiento de medición de la deformación transversal.....	63
Figura 16: Dron DJI Spark 4.....	70
Figura 17: Imagen tomada a 10 m de altura.....	72
Figura 18: Procesamiento de imágenes mediante WebODM.....	72
Figura 19: Ortofotografía del tramo de estudio.....	73
Figura 20: Modelo de elevación digital.....	73
Figura 21: Modelo del terreno.....	74
Figura 22: Modelo para la extracción de curvas de nivel.....	74
Figura 23: Extracción de curvas de nivel con una equidistancia de 10 cm.....	75
Figura 24: Fisuras y baches detectados preliminarmente mediante el modelo de elevación digital obtenido a través de ortofotografía de dron (50 m de altura).....	75
Figura 25: Ajuste de escala en ImageJ.....	77
Figura 26: Medición de área de ahuellamiento en ImageJ.....	78
Figura 27: Serie de mediciones de áreas.....	78
Figura 28: Condición de la vía con y sin mantenimiento.....	82

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 396 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 29: Esquema de deformación por ahuellamiento.....	85
Figura 30: Ahuellamiento por falla en la subrasante.	86
Figura 31: Ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica.	86
Figura 32: Ahuellamiento de severidad baja con fisuras tipo pie de cocodrilo.	86
Figura 33: Ahuellamiento de severidad media con desplazamiento lateral.....	87
Figura 34: Ahuellamiento de severidad alta, con desplazamiento lateral.....	87
Figura 35: Esquema de deformación por hundimiento.	89
Figura 36: Deformación por hundimiento de baja severidad.....	90
Figura 37: Deformación por hundimiento de alta severidad.....	90
Figura 38: Esquema de deformación por corrugación.	92
Figura 39: Corrugación con bajo nivel de severidad.....	93
Figura 40: Corrugación con nivel medio de severidad.....	93
Figura 41: Corrugación con alto nivel de severidad.	94
Figura 42: Esquema de deformación por corrimiento.	96
Figura 43: Corrimiento de baja severidad.	96
Figura 44: Corrimiento de mediana severidad.	97
Figura 45: Corrimiento de alta severidad.	97
Figura 46: Esquema de deformación por hinchamiento.	99
Figura 47: Hinchamiento de alta severidad.	100
Figura 48: Hinchamiento de alta severidad.	100
Figura 49: Esquema de fisuras longitudinales.	103
Figura 50: Fisura longitudinal con bajo nivel de severidad.	104
Figura 51: Fisura longitudinal de severidad media.....	105
Figura 52: Fisura longitudinal de alta severidad.	105
Figura 53: Esquema de falla por fisura transversal.....	108
Figura 54: Fisura transversal con bajo nivel de severidad.	108
Figura 55: Fisura transversal con nivel de severidad medio.	109
Figura 56: Fisura transversal con alto nivel de severidad.....	109
Figura 57: Esquema de fisura en bloque.....	112
Figura 58: Fisuras en bloque con bajo nivel de severidad.	112
Figura 59: Fisuras en bloque con nivel de severidad medio.	113
Figura 60: Fisuras en bloque con alto nivel de severidad.	113

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 397 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 61: Esquema de fisuras tipo piel de cocodrilo.	116
Figura 62: Fisura tipo piel de cocodrilo de baja severidad.	117
Figura 63: Fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media.	118
Figura 64: Fisuras tipo piel de cocodrilo con alto nivel de severidad.	118
Figura 65: Esquema de reflexión de juntas.	120
Figura 66: Reflexión de juntas con baja severidad.	121
Figura 67: Reflexión de juntas con un nivel medio de severidad.	121
Figura 68: Reflexión de juntas con alto nivel de severidad.	122
Figura 69: Esquema de fisuras en arco.	124
Figura 70: Fisuras en arco con bajo nivel de severidad.	125
Figura 71: Fisuras en arco con nivel medio de severidad.	125
Figura 72: Fisuras en arco de alta severidad.	126
Figura 73: Esquema de desprendimiento/pérdida de agregado.	129
Figura 74: Desprendimiento/Pérdida de agregado con bajo nivel de severidad.	129
Figura 75: Desprendimiento/pérdida de agregados de mediana intensidad.	130
Figura 76: Desprendimiento/pérdida de agregado de alta severidad.	130
Figura 77: Esquema de desintegración por peladuras.	133
Figura 78: Desintegración por peladura.	133
Figura 79: Peladura en tratamiento asfáltico.	134
Figura 80: Esquema de desintegración por estrías longitudinales.	137
Figura 81: Estrías longitudinales de baja severidad.	138
Figura 82: Estrías longitudinales de severidad media.	138
Figura 83: Estrías longitudinales de alta severidad.	139
Figura 84: Esquema de desintegración por baches.	142
Figura 85: Desintegración por bache de baja severidad.	142
Figura 86: Baches de mediana severidad.	143
Figura 87: Baches de alta severidad.	143
Figura 88: Esquema de desintegración por rotura de bordes.	147
Figura 89: Grieta de borde de baja severidad.	147
Figura 90: Desintegración de bordes de mediana severidad.	148
Figura 91: Desintegración de borde con alta severidad.	148
Figura 92: Esquema desintegración por pulimento de agregado.	150

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 398 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 93: Pulimiento de agregados.	150
Figura 94: Esquema de falla por exudación de asfalto.	152
Figura 95: Exudación de baja severidad.	153
Figura 96: Exudación del asfalto con mediana severidad.	153
Figura 97: Exudación del asfalto de alta severidad.....	154
Figura 98: Esquema de falla por exudación de agua y bombeo.	156
Figura 99:Falla por exudación de agua y bombeo.	157
Figura 100: Falla por exudación de agua y bombeo.	157
Figura 101: Esquema de bacheo.....	159
Figura 102: Bacheo de baja severidad.	160
Figura 103: Bacheo de severidad media.	160
Figura 104: Bacheo de alta severidad.	161
Figura 105: Esquema de descascaramiento en pavimentos rígidos.	164
Figura 106: Descascaramiento en pavimentos rígidos.	164
Figura 107: Esquema de desprendimiento o peladura en superficies de pavimentos rígidos.	166
Figura 108: Peladuras de baja severidad.	167
Figura 109: Peladuras de severidad media.	167
Figura 110: Peladuras de alta severidad.	168
Figura 111: Esquema de pulimento de superficies en pavimentos rígidos.....	170
Figura 112: Pulimento de superficie.	171
Figura 113: Pulimento de superficie.	171
Figura 114: Esquema de fisuras plásticas o de contracción.	173
Figura 115: Fisuras plásticas dispuestas de manera aislada y en malla.....	173
Figura 116: Esquema de fisuración longitudinal en pavimentos rígidos.....	175
Figura 117: Fisura longitudinal de severidad media.....	176
Figura 118: Fisuración longitudinal de alta severidad.	176
Figura 119: Esquema de fisura transversal y/o diagonal.	179
Figura 120: Fisura transversal de baja severidad.	179
Figura 121: Fisuras transversales de severidad media.	180
Figura 122: Fisuras transversales de alta severidad.....	180
Figura 123: Esquema de fisuración de esquina.	182

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 399 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 124: Fisuración de esquina de severidad media.....	183
Figura 125: Esquema de fisuración múltiple.	185
Figura 126: Fisura múltiple de media severidad.	186
Figura 127: Fisura múltiple de alta severidad.	186
Figura 128: Esquema de rotura o baches en pavimentos rígidos.	188
Figura 129: Bache de pavimento rígido de alta severidad.	189
Figura 130: Fisuras y roturas en bloque de alta severidad.	189
Figura 131: Esquema de defecto por bombeo.	192
Figura 132: Bombeo de alta severidad.....	192
Figura 133: Esquema de falla por escalonamiento.....	194
Figura 134: Escalonamiento de severidad media.	195
Figura 135: Escalonamiento de alta severidad.....	195
Figura 136: Hundimiento de pavimentos rígidos, de alta severidad.	198
Figura 137: Esquema de levantamiento en pavimentos rígidos.....	200
Figura 138: Levantamiento de losa de alta severidad.....	201
Figura 139: Esquema de estallido por compresión.....	201
Figura 140: Estallido por compresión.	202
Figura 141: Esquema de deficiencia en el material de sello.	204
Figura 142: Deficiencia en el material de sello de alta severidad.	205
Figura 143: Deficiencia del material de sello de alta severidad.....	205
Figura 144: Esquema de defectos en juntas por descascaramientos.	207
Figura 145: Descascaramiento de juntas de baja severidad.	208
Figura 146: Descascaramiento de juntas de severidad media.....	208
Figura 147: Descascaramiento de juntas de alta severidad.....	209
Figura 148: Medición de la pérdida del perfil transversal.	211
Figura 149: Esquema de pérdida del perfil transversal.	211
Figura 150: Pérdida del perfil transversal de mediana severidad.....	212
Figura 151: Pérdida del perfil transversal de alta severidad.	212
Figura 152: Medición de drenaje inadecuado.	214
Figura 153: Drenaje inadecuado de baja severidad.	214
Figura 154: Drenaje inadecuado de severidad media.....	215
Figura 155: Drenaje inadecuado de alta severidad.	215

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 400 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 156: Drenaje inadecuado de alta severidad.	216
Figura 157: Medición de ondulaciones.	217
Figura 158: Esquema de ondulaciones.	217
Figura 159: Corrugación/ ondulación de baja severidad.	218
Figura 160: Corrugación/Ondulación de mediana severidad.	218
Figura 161: Corrugación/ Ondulación de alta severidad.	219
Figura 162: Polvo en suspensión.	220
Figura 163: Generación de polvo de baja severidad.	221
Figura 164: Generación de polvo de baja severidad.....	221
Figura 165: Generación de polvo de alta severidad.	222
Figura 166: Medición de baches.	223
Figura 167: Esquema de baches.....	223
Figura 168: Bache de baja severidad.	224
Figura 169: Bache de severidad media.	224
Figura 170: Bache de alta severidad.	225
Figura 171: Medición de ahuellamiento.	226
Figura 172: Esquema de ahuellamiento.	226
Figura 173: Ahuellamiento de baja severidad.	227
Figura 174: Ahuellamiento de mediana severidad.....	227
Figura 175: Ahuellamiento de alta severidad.....	228
Figura 176: Medición de pérdida de agregados.	229
Figura 177: Esquema de pérdida de agregados.	229
Figura 178: Pérdida de agregados de baja severidad.	230
Figura 179: Pérdida de agregados de severidad media.	230
Figura 180: Pérdida de agregados de alta severidad.	231
Figura 181: Erosión de baja severidad.	232
Figura 182: Surcos de erosión de mediana y alta severidad.	232
Figura 183: Surcos erosivos con alta severidad.	233
Figura 184.....	234
Figura 185.....	234
Figura 186.....	234
Figura 187.....	234

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 401 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 188: Ubicación del tramo de estudio.....	241
Figura 189: Curvas de nivel.....	243
Figura 190: Modelo digital de elevaciones.....	243
Figura 191: Camino s425 en mapa de uso vial.....	244
Figura 192: Camino s425 en el modelo digital del terreno de la provincia de Córdoba. PFEC= Planicie fluvioeólica central. ps= Paleoabanico aluvial del río Suquía. px= Paleoabanico aluvial del río Xanes.	244
Figura 193: Descripción del perfil típico, serie Monte Cristo.	246
Figura 194: Carta de suelo zona de estudio (intervalos de índice de productividad representados por colores).	248
Figura 195: Clima en Monte Cristo.	249
Figura 196: Temperatura máxima y mínima promedio en Monte Cristo.	250
Figura 197: Temperatura promedio por hora en Monte Cristo.	251
Figura 198: Mapa digital de temperaturas medias mensuales del mes más cálido (ENERO).	252
Figura 199: Mapa digital de temperaturas medias mensuales del mees más frío (JULIO).	253
Figura 200: Categoría de nubosidad en Monte Cristo.	254
Figura 201: Probabilidad diaria de precipitación en Monte Cristo.	255
Figura 202: Promedio mensual de lluvia en Monte cristo.	256
Figura 203: Horas de luz natural y crepúsculo en Monte Cristo.....	257
Figura 204: Salida y puesta de sol con crepúsculo en Monte cristo.	258
Figura 205: Niveles de comodidad de la humedad en Monte Cristo.	259
Figura 206: Velocidad promedio del viento en Monte Cristo.	260
Figura 207: Dirección del viento en Monte Cristo.	261
Figura 208: Detalle de camino S425.	261
Figura 209: Esquemmatización de tramos.	266
Figura 210: Distribución de cemento en tramo 1.	269
Figura 211: Premezclado de suelo-cemento en tramo1.	270
Figura 212: Estabilizador iónico.	270
Figura 213: Riego de estabilizador iónico.	271
Figura 214: Premezclado de agua + estabilizador iónico con reclamadora.	271

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 402 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 215: Compactación inicial en tramo 1.	272
Figura 216: Proceso de compactación en tramo1.	272
Figura 217: Tramo ya compactado, listo para ser imprimado.	273
Figura 218: Riego de imprimación con E.A.I. en tramo 1.	273
Figura 219: Imprimación E.I.A. en tramo 1.	274
Figura 220: Granzeado de arena gruesa en tramo 1.	274
Figura 221: Textura de imprimación reforzada con arena gruesa silíceas en tramo1.	275
Figura 222: Nivelación tramo 2.	278
Figura 223: Compactación tramo 2.	278
Figura 224: Extendido del material granular 0-14 en tramo 2.	279
Figura 225: Material granular 0-14.	279
Figura 226: Compactación de material granular.	280
Figura 227: Riego de aditivo polimérico, diluido en agua 1:1.	280
Figura 228: Aditivo polimérico diluido en agua, tramo 2.	281
Figura 229: Premezclado de aditivo polimérico con material granular 0 -14.	281
Figura 230: Perfilado final de aditivo polimérico en tramo 2.	282
Figura 231: Mezclado del suelo y cemento con reclamadora.	285
Figura 232: suelo y cemento ya mezclado.	285
Figura 233: Compactación con rodillo neumático.	286
Figura 234: Imagen 0894 sin editar. Tramo 1.	290
Figura 235: Imagen 0894 editada. Tramo 1.	291
Figura 236: Profundidad. Tramo 1 – imagen 1.	292
Figura 237: Profundidad. Tramo 1 – imagen 2.	293
Figura 238: Ahuellamiento. Tramo 1 - imagen 0894.	294
Figura 239: Fisuras longitudinales. Tramo 1 - imagen 0894.	296
Figura 240: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 1- imagen 0894.	298
Figura 241: Desintegraciones por peladuras/ desprendimientos de agregados. Tramo 1 - imagen 0894.	300
Figura 242: Baches. Tramo1 - imagen 0894.	303
Figura 243: Imagen 0920 sin editar. Tramo 2.	305
Figura 244: Imagen 0920 editada. Tramo 2.	306
Figura 245: Profundidad. Tramo 2.	307

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 403 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 246: Ahuellamiento. Tramo 2 - imagen 0920.....	308
Figura 247: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 2 - imagen 0920.....	310
Figura 248: Pérdida de agregados. Tramo 2 - imagen 0920.....	311
Figura 249: Corrugación y baches. Tramo 2 - imagen 0920.....	313
Figura 250: Imagen 0934 sin editar. Tramo 3.....	314
Figura 251: Imagen 0934 editada. Tramo 3.....	315
Figura 252: Profundidades. Tramo 3.....	316
Figura 253: Ahuellamiento. Tramo 3 - imagen 0934.....	317
Figura 254: Fisuras transversales. Tramo 3.....	319
Figura 255: Fisuras transversales. Tramo 3 - imagen 0934.....	320
Figura 256: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3 - imagen 0934.....	321
Figura 257: Desintegración por peladuras. Tramo 3 - imagen 0934.....	322
Figura 258: Imagen 1204 sin editar. Tramo 1.....	327
Figura 259: Imagen 1204 editada. Tramo 1.....	328
Figura 260: Profundidad tramo. Tramo 1 - relevamiento final.....	329
Figura 261: Ahuellamiento. Tramo 1 - imagen 1204.....	330
Figura 262: Fisura longitudinal. Tramo 1 - imagen 1204.....	331
Figura 263: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 1- imagen 1204.....	332
Figura 264: Detalle piel de cocodrilo. Tramo 1.....	333
Figura 265: Profundidad de baches. Tramo 1.....	334
Figura 266: Desintegración por baches. Tramo 1 - imagen 1204.....	335
Figura 267: Escalonamiento de borde. Tramo 1 – imagen1.....	339
Figura 268: Escalonamiento de borde. Tramo 1 – imagen 2.....	340
Figura 269: Imagen 1217 sin editar. Tramo 2.....	341
Figura 270: Imagen 1217 editada. Tramo 2.....	342
Figura 271: Profundidad. Tramo 2 - último relevamiento.....	343
Figura 272: Ahuellamiento. Tramo 2 - imagen 1217.....	344
Figura 273: Profundidad de corrugaciones. Tramo 2.....	345
Figura 274: Separación entre crestas de corrugación. Tramo 2.....	346
Figura 275: Ondulación/corrugación tramo 2 - imagen 1217.....	347
Figura 276: Imagen 1256 sin editar. Tramo 3.....	349
Figura 277: Imagen 1256 editada. Tramo 3.....	350

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 404 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Figura 278: profundidades de ahuellamiento. Tramo 3.....	350
Figura 279: Ahuellamiento. Tramo 3 - imagen 1256.....	351
Figura 280: Fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3 - imagen 1256.....	353
Figura 281: Fisuras tipo piel de cocodrilo en detalle. Tramo 3.....	354
Figura 282: Fisuras parabólicas en detalle. Tramo 3.....	355
Figura 283: Fisuras parabólicas. Tramo 3 - imagen 1256.....	356
Figura 284: Detalle de pérdida de agregados. Tramo 3.....	357
Figura 285: Desintegración por pérdida de agregados/ peladuras. Tramo 3 - imagen 1256.	358
Figura 286: Estrías longitudinales. Tramo 3 - imagen 1256.....	361
Figura 287: Imagen 0894. Tramo 1.	367
Figura 288: Imagen 1204. Tramo 1.	368
Figura 289: Imagen 0920. Tramo 2.	371
Figura 290: Imagen 1217. Tramo 2.	373
Figura 291: Imagen 0934. Tramo 3.	375
Figura 292: Imagen 1256. Tramo 3.	376
Figura 293: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial.	379
Figura 294: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial	380
Figura 295: Tramo estabilizado con ligante hidráulico de uso vial.	380

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 405 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tablas

Tabla 1: Símbolos de grupo para suelos tipo grava.....	21
Tabla 2: Símbolos de grupo para suelos arenosos.....	21
Tabla 3: Símbolos de grupo para suelos limosos, loésicos y arcillosos.	22
Tabla 4: Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras.	26
Tabla 5: Zonificación de suelos para uso vial.	33
Tabla 6: Posibles aditivos y restricciones.	42
Tabla 7: Requerimientos granulométricos del suelo.	51
Tabla 8: Contenido de cemento según clasificación HRB.	52
Tabla 9: Escala de opinión del usuario.	61
Tabla 10: Tabla de coeficientes D1.	62
Tabla 11: Tabla de coeficientes D2.	63
Tabla 12: Cuantificación de coeficientes D4.....	64
Tabla 13: Cuantificación coeficiente D4, para capa de rodamiento con tratamiento bituminoso superficial.	65
Tabla 14: Cuantificación coeficiente D4, para mezclas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón.....	66
Tabla 15: Cuantificación coeficiente D1 para pavimentos rígidos.....	67
Tabla 16: Valorización de coeficientes D3.....	68
Tabla 17: Ahuellamiento.....	84
Tabla 18: Hundimiento	88
Tabla 19: Corrugación.....	91
Tabla 20: Corrimiento.....	95
Tabla 21: Hinchamiento	98
Tabla 22: Fisura longitudinal	101
Tabla 23: Fisura transversal	106
Tabla 24: Fisura en bloque.....	110
Tabla 25: Fisuras tipo piel de cocodrilo	114
Tabla 26: Fisuras por Reflexión de Juntas	119
Tabla 27: Fisuras en Arco	123
Tabla 28: Desprendimiento/Pérdida de Agregados	126
Tabla 29: Desintegraciones por Peladuras.....	131

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 406 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 30: Estrías longitudinales	135
Tabla 31: Baches	139
Tabla 32: Rotura de Bordes/ Desnivel de pavimento.....	144
Tabla 33: Pulimento de la superficie.....	149
Tabla 34: Exudación de asfalto	151
Tabla 35: Exudación de agua y Bombeo	155
Tabla 36: Bacheo y reparaciones.....	158
Tabla 37: Descascaramiento.....	163
Tabla 38: Desprendimiento o peladuras	165
Tabla 39: Pulimento superficial	168
Tabla 40: Fisura plástica o contracción	172
Tabla 41: Fisura longitudinal	174
Tabla 42: Fisura Transversal y/o Diagonal	177
Tabla 43: Fisura de Esquina.....	181
Tabla 44: Fisura Múltiple	183
Tabla 45: Rotura o Bache.....	187
Tabla 46: Defectos por Bombeo	190
Tabla 47: Escalonamiento	193
Tabla 48: Hundimiento	196
Tabla 49: Levantamiento.....	198
Tabla 50: Deficiencia en el Material de Sello	203
Tabla 51: Defecto de Juntas Por Descascaramiento	206
Tabla 52: Pérdida del perfil transversal y/o Bombeo.....	210
Tabla 53: Drenaje inadecuado	213
Tabla 54: Ondulación/ Corrugación	216
Tabla 55: Polvo	219
Tabla 56: Baches y/o Deformaciones Localizadas	222
Tabla 57: Ahuellamiento.....	225
Tabla 58: Pérdida de agregados	228
Tabla 59: Erosión	231
Tabla 60: Índice de estado.	234
Tabla 61: Criterios y condiciones de camino.	235

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 407 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 62: Tipos de tarea, índice de estado y cantidad de intervenciones anuales según la categoría de camino.	237
Tabla 63: Datos analíticos, serie Monte Cristo.	247
Tabla 64: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.	292
Tabla 65: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.	293
Tabla 66: Mediciones de ahuellamiento. Tramo 1.	294
Tabla 67: Mediciones fisuras longitudinales. Tramo 1.	296
Tabla 68: Mediciones de fisuras piel de cocodrilo. Tramo 1.	298
Tabla 69: Mediciones de desintegraciones por peladuras/ desprendimientos de agregados. Tramo 1.	300
Tabla 70: Medición de baches. Tramo1.	303
Tabla 71: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 2.	307
Tabla 72: Medición de ahuellamiento. Tramo 2.	308
Tabla 73: Mediciones de fisuras piel de cocodrilo. Tramo 2.	310
Tabla 74: Medición de pérdida de agregados. Tramo 2.	312
Tabla 75: Medición de corrugación y baches. Tramo 2.	313
Tabla 76: Profundidades de ahuellamiento. Tramo 3.	316
Tabla 77: Mediciones de ahuellamiento. Tramo 3.	317
Tabla 78: Mediciones de fisuras transversales. Tramo 3.	319
Tabla 79: Mediciones de fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3.	321
Tabla 80: Medición de desintegraciones. Tramo3.	322
Tabla 81: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 1.	329
Tabla 82: Medición de ahuellamiento. Tramo 1.	330
Tabla 83: Medición de fisuración longitudinal. Tramo 1.	331
Tabla 84: Medición de fisuración tipo piel de cocodrilo. Tramo 1.	333
Tabla 85: Medición de profundidad. Tramo 1.	334
Tabla 86: Medición de baches. Tramo 1.	335
Tabla 87: Nivel de escalonamiento. Tramo 1.	340
Tabla 88: Profundidad de ahuellamiento. Tramo 2.	343
Tabla 89: Medición de ahuellamiento. Tramo 2.	344
Tabla 90: Profundidad y separación de crestas de corrugación. Tramo 2.	346
Tabla 91: Medición de ondulación/corrugación. Tramo 2.	347

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 408 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



Tabla 92: Medición de profundidades de ahuellamiento. Tramo 3.....	351
Tabla 93: Medición de ahuellamiento. Tramo 3.	351
Tabla 94: Medición de fisuras tipo piel de cocodrilo. Tramo 3.	354
Tabla 95: Mediciones de fisuras en arco. Tramo 3.	356
Tabla 96: Medición de desintegraciones. Tramo 3.	358
Tabla 97: Resumen de fallas. Tramo 1.....	367
Tabla 98: Resumen de fallas. Tramo 2.....	370
Tabla 99: Resumen de fallas. Tramo 3.....	374
Tabla 100: Resumen de fallas en m ²	377

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 409 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



ANEXO

Anexo 1: Fotos relevamiento inicial, tramo 1.

Anexo 2: Fotos relevamiento inicial, tramo 2.

Anexo 3: Fotos relevamiento inicial, tramo 3.

Anexo 4: Fotos relevamiento final, tramo 1.

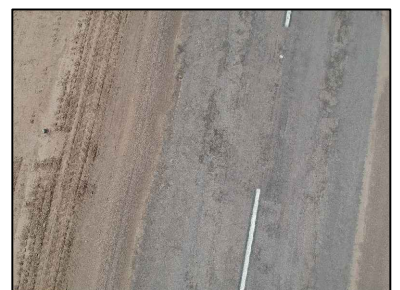
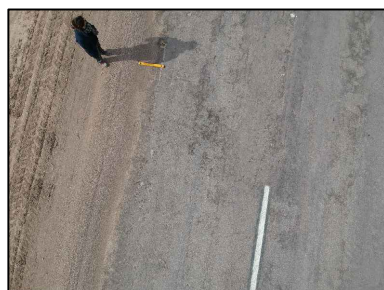
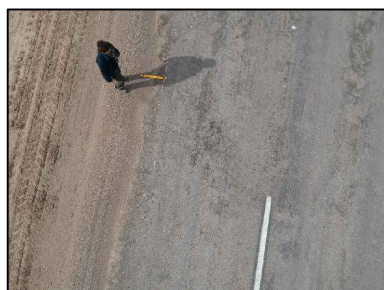
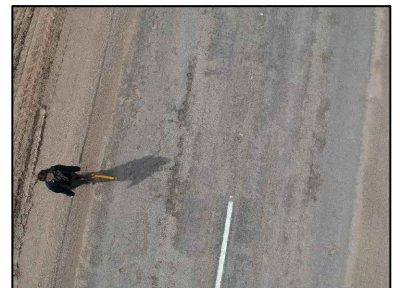
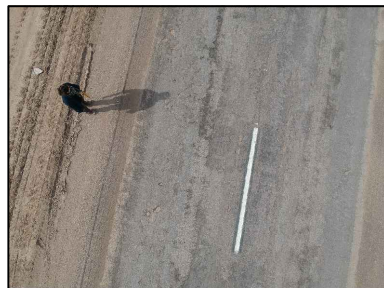
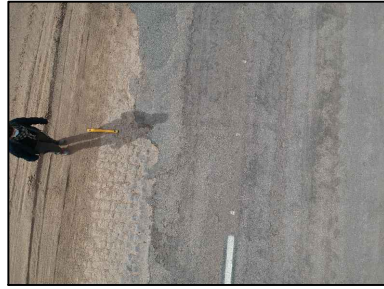
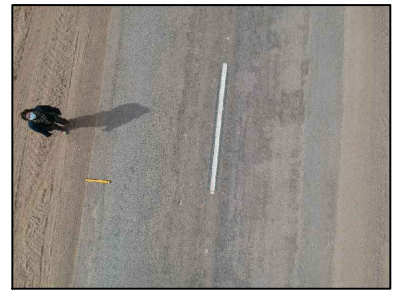
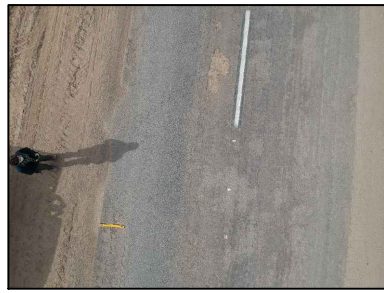
Anexo 5: Fotos relevamiento final, tramo 2.

Anexo 6: Fotos relevamiento final, tramo 3

Elaboró: Lozano Menehem Ma. Victoria	Código: TF – LM – 2020	
Revisó: Ing. Quintana	Emisión: 24 de febrero de 2023	
Autorizó: Ing. Fontana – Ing. Ganancias	Revisión: 02	Página 410 de 422
DOCUMENTO CONTROLADO CÁTEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA		



ANEXO 1: FOTOS RELEVAMIENTO INICIAL, TRAMO 1.

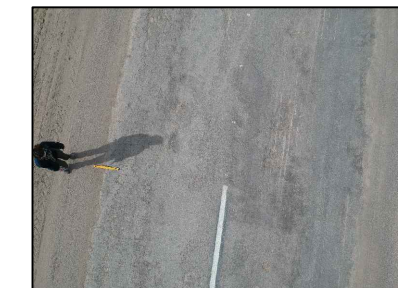
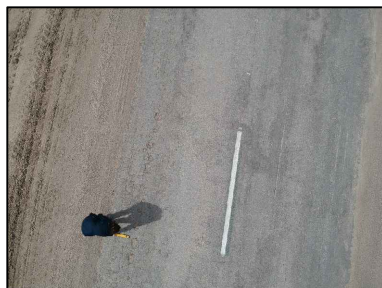
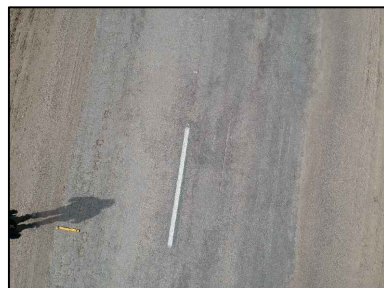
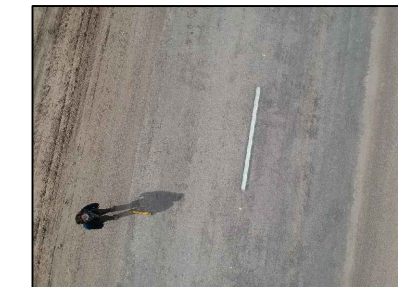
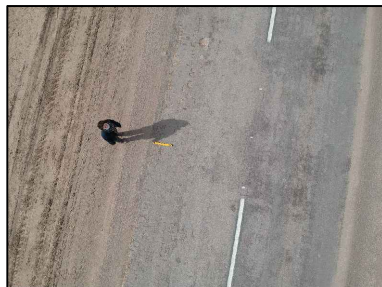
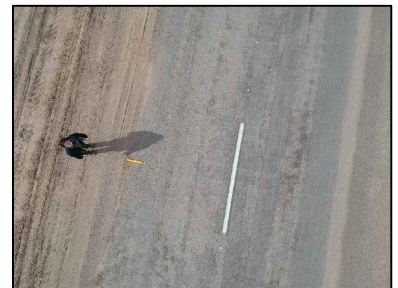
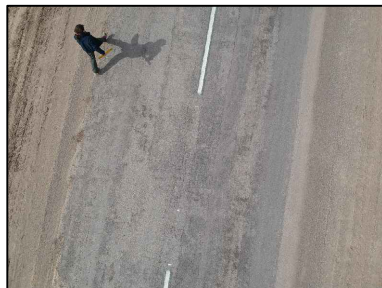
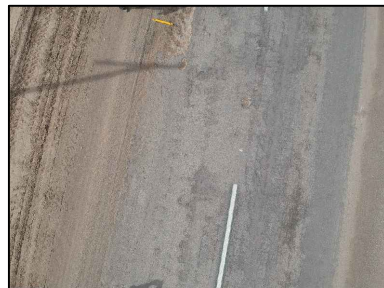
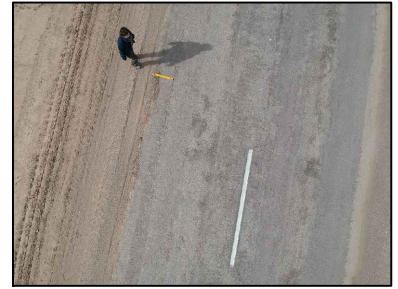
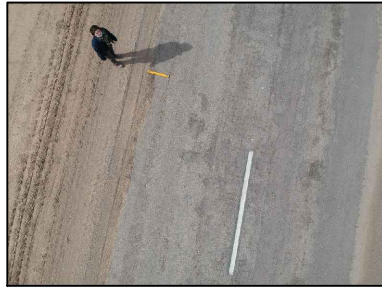


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

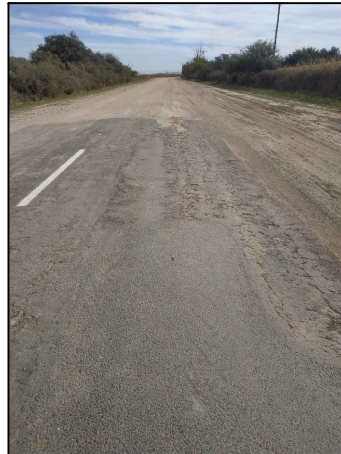


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

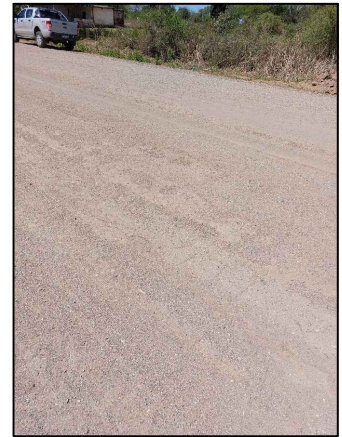
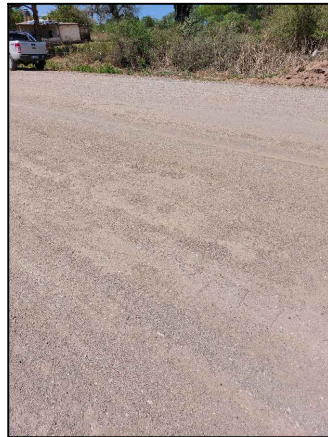
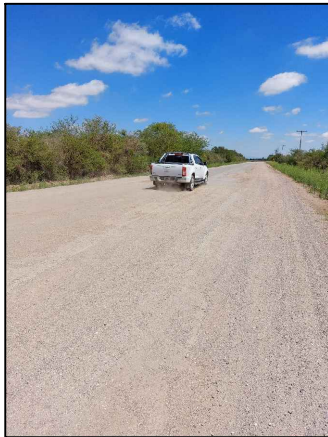
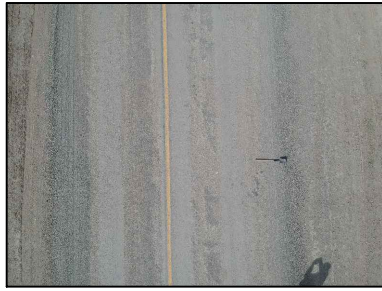
FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



ANEXO 2: FOTOS RELEVAMIENTO INICIAL, TRAMO 2.

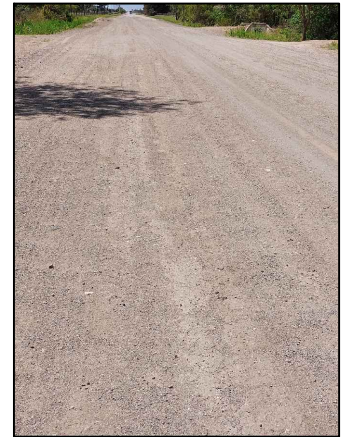
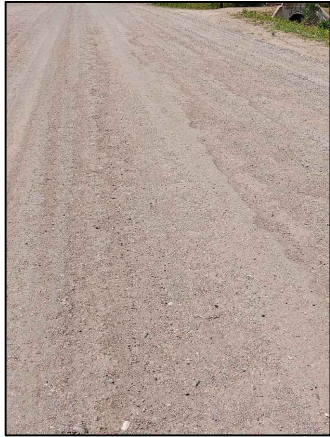
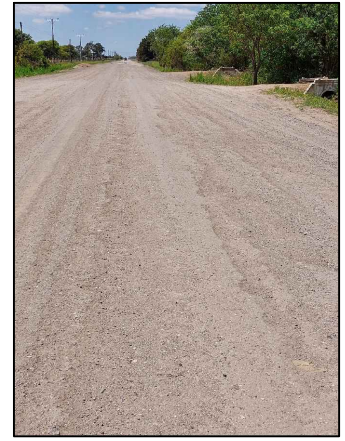
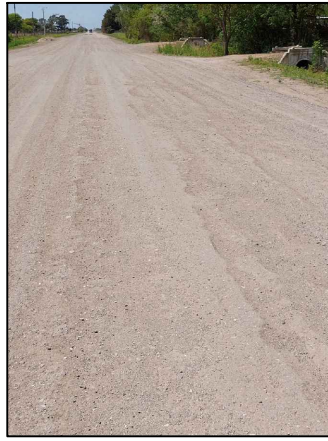
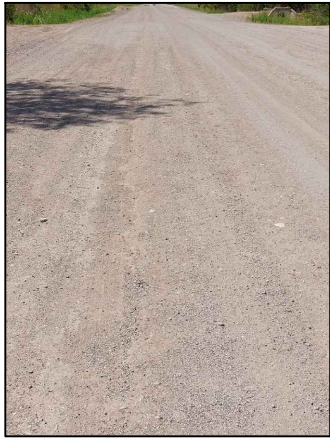


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 2 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 2 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:

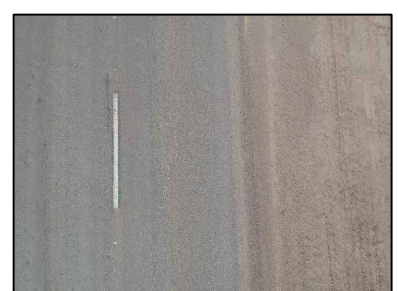
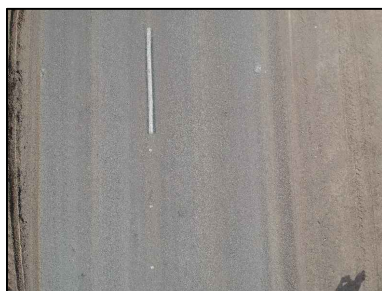
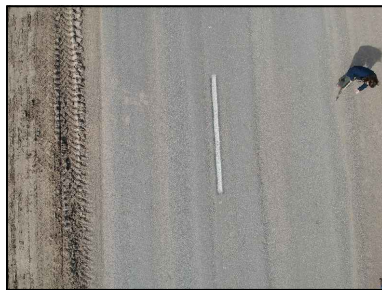
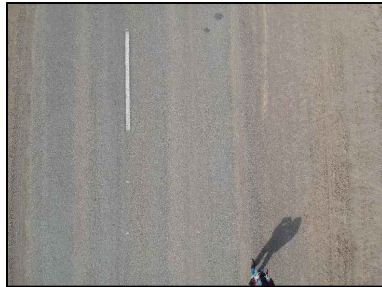
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:

- Quintana Crespo, Enrique.



ANEXO 3: FOTOS RELEVAMIENTO INICIAL, TRAMO 3.

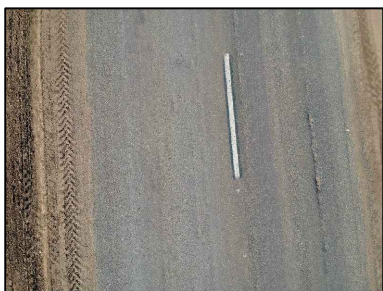
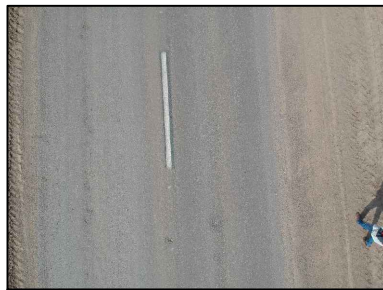


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

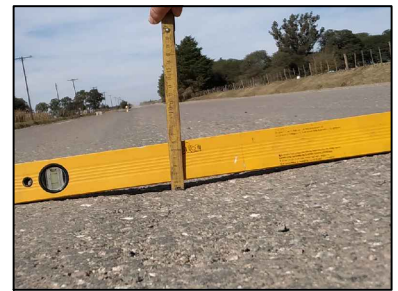
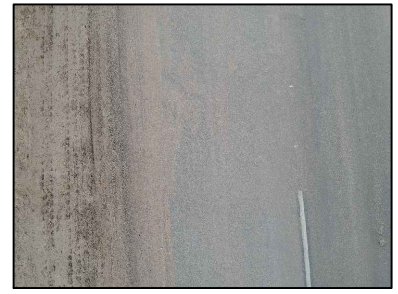


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

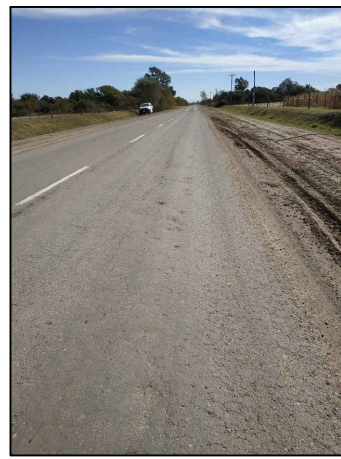
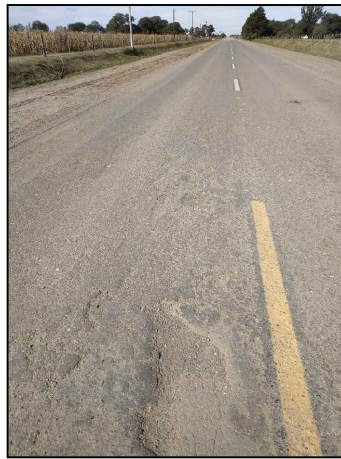
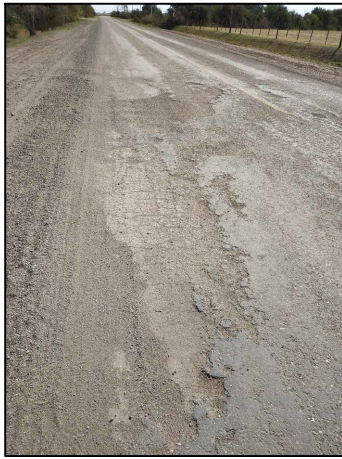
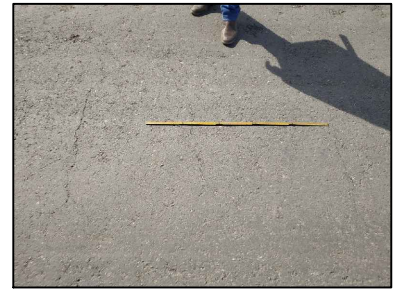


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

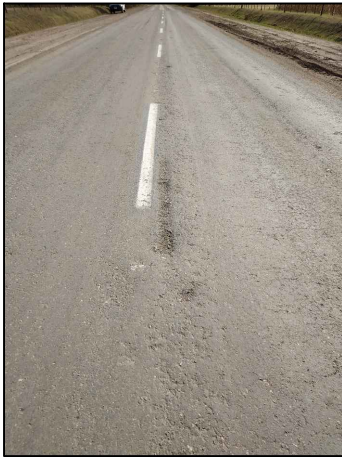
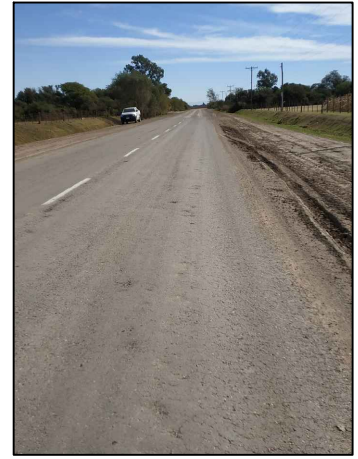
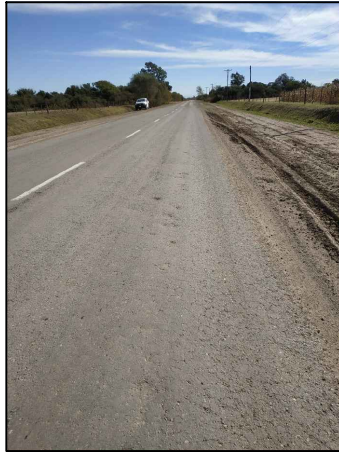
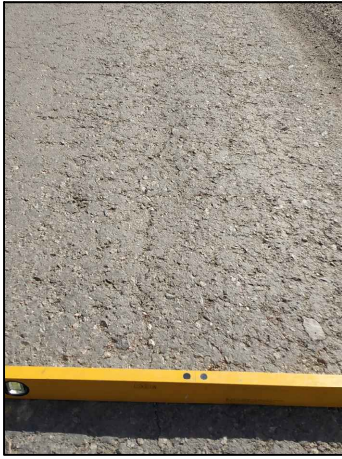


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

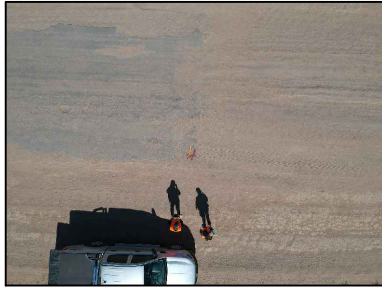
FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO INICIAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



ANEXO 4: FOTOS RELEVAMIENTO FINAL, TRAMO 1.

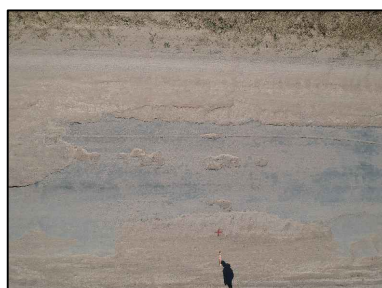
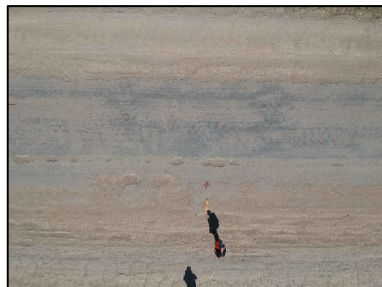
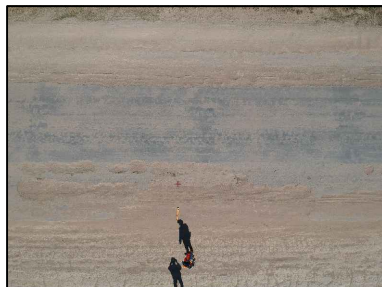
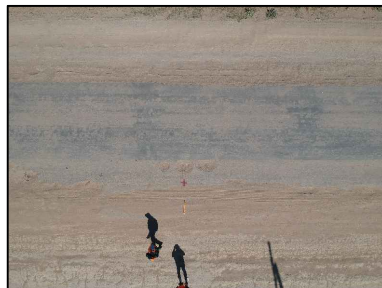
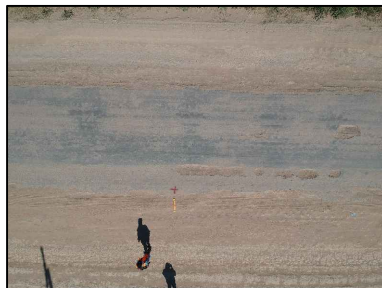


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

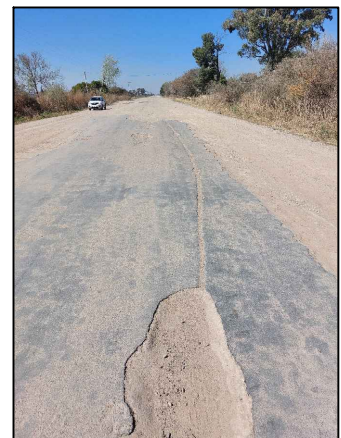
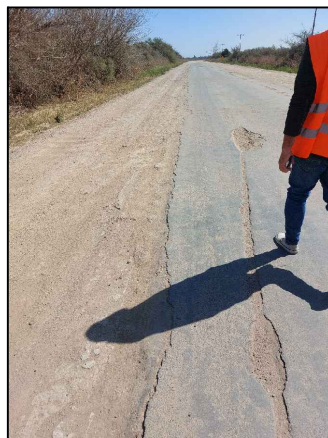


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

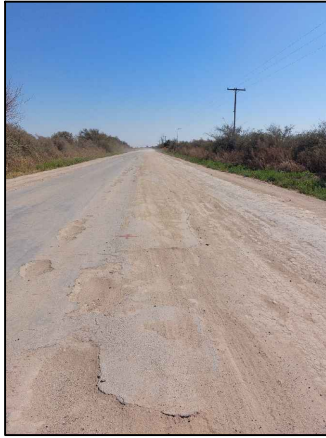


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 1 - RELEVAMIENTO FINAL

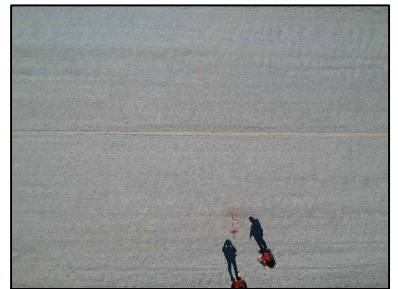
Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.





ANEXO 5: FOTOS RELEVAMIENTO FINAL, TRAMO 2.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

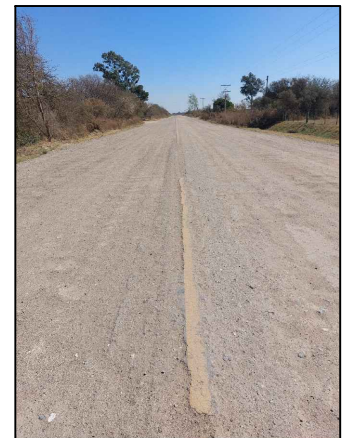
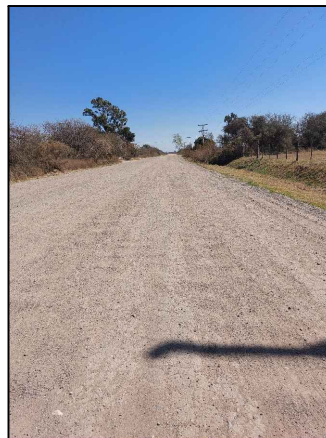
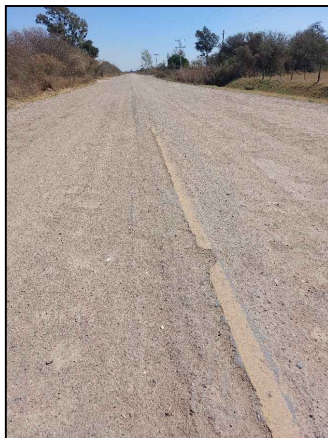
FOTOGRAFÍAS TRAMO 2 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:

- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:

- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

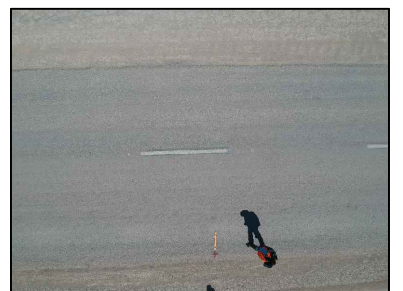
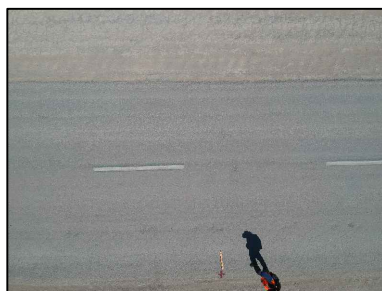
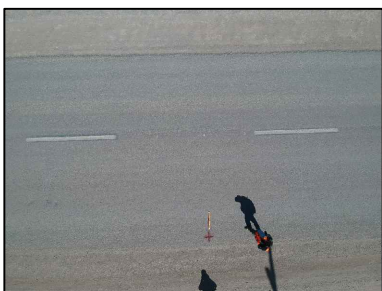
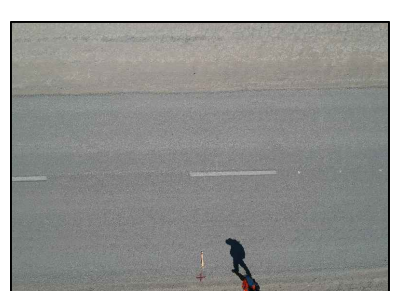
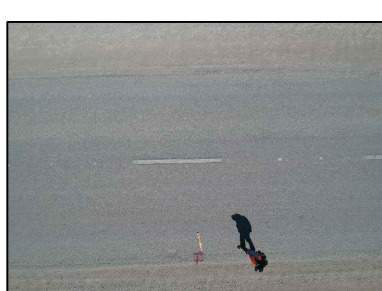
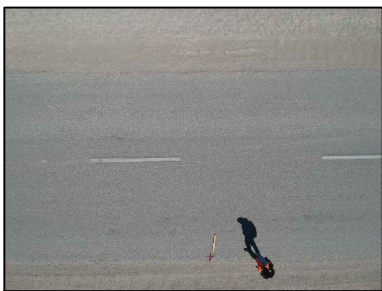
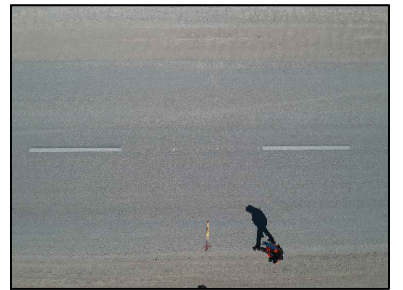
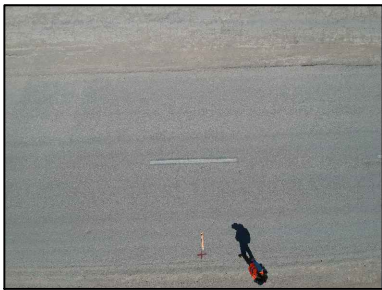
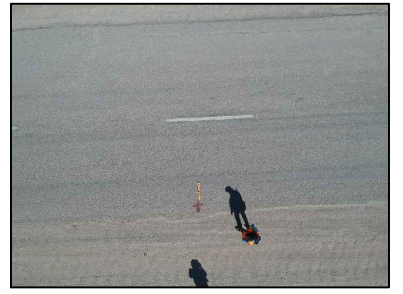
FOTOGRAFÍAS TRAMO 2 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



ANEXO 6: FOTOS RELEVAMIENTO FINAL, TRAMO 3.

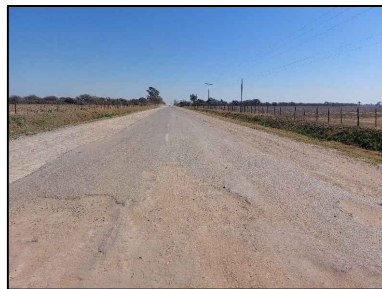
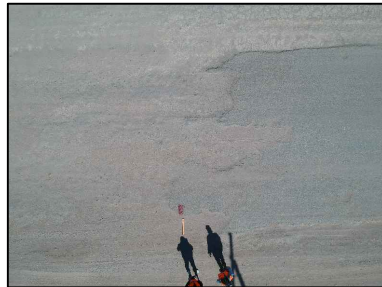
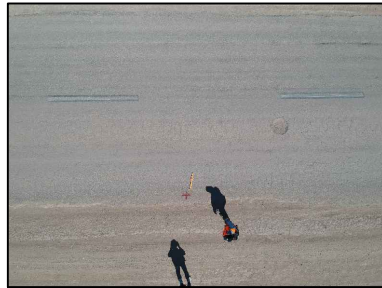
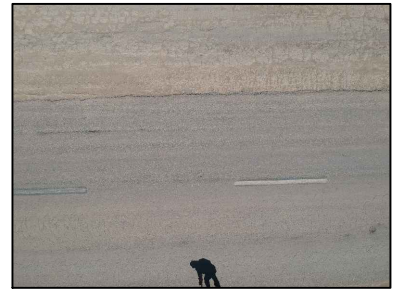


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

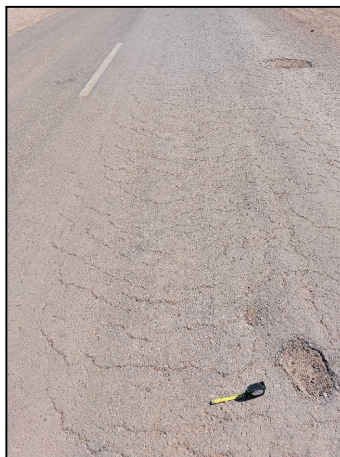
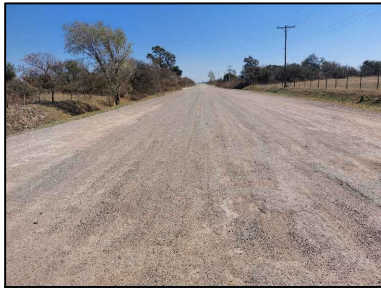


FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.



FACULTAD DE INGENIERÍA - TRABAJO FINAL, ING. CIVIL

FOTOGRAFÍAS TRAMO 3 - RELEVAMIENTO FINAL

Autora:
- Lozano Menehem, Maria Victoria.

Tutor:
- Quintana Crespo, Enrique.

