

Influencia de Granulometría y Plasticidad en la Vida Útil de las Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Enfoque en la Provincia de Jaén

Influence of Granulometry and Plasticity on the Useful Life of Low Traffic Volume Roads: a Focus on the Province of Jaen

Henry Facundo ¹* y Brayan Flores ²

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de granulometría y plasticidad en la vida útil de las carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel de afirmado en la provincia de Jaén. Se abordó la problemática asociada al acelerado deterioro de las vías. El enfoque metodológico adoptado fue de naturaleza aplicada, con un diseño experimental respaldado por un análisis cuantitativo. Los resultados revelaron que el incumplimiento de las especificaciones técnicas de granulometría y plasticidad, según lo establecido en el Manual de Carreteras, constituye un factor determinante en el rápido deterioro de los afirmados. Se identificó que la composición óptima, con un 70-74% de gravas, 15-19% de arenas y 9-11% de finos, contribuye significativamente a una mayor vida útil de los afirmados. Entre los principales tipos de deterioro observados en las 5 carreteras no pavimentadas (afirmadas), se destacan la erosión (31.91%), deformación (26.03%), baches o huecos (4.54%), encalaminados (0.45%), lodazales (0.34%) y cruces de agua (0.27%). Estos hallazgos subrayan la importancia de adherirse a las especificaciones técnicas para mejorar la durabilidad y resistencia de las carreteras en la provincia de Jaén.

Palabras clave: Carretera, vida útil, afirmado.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the influence of granulometry and plasticity on the service life of low-traffic volume roads at pavement level in the province of Jaen. The problems associated with the accelerated deterioration of roads were addressed. The methodological approach adopted was of an applied nature, with an experimental design supported by a quantitative analysis. The results revealed that non-compliance with the technical specifications of granulometry and plasticity, as established in the Highway Manual, is a determining factor in the rapid deterioration of road pavements. It was identified that the optimum composition, with 70-74% gravels, 15-19% sands, and 9-11% fines, contributes significantly to a longer pavement life. Among the main types of deterioration observed on the 5 unpaved (surfaced) roads, erosion (31.91%), deformation (26.03%), potholes or voids (4.54%), rutting (0.45%), slush (0.34%) and water crossings (0.27%) stand out. These findings underscore the importance of adhering to technical specifications to improve the durability and strength of roads in the province of Jaen.

Keywords: Road, useful life, affirmed.

Recibido: 06/10/2023. Aceptado: 14/11/23

* Autor para correspondencia

¹. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: henry.facundo@est.unj.edu.pe

². Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: brayan.flores@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La problemática de la sostenibilidad de las carreteras surge debido a la falta de mantenimiento, insuficientes estudios de mecánica de suelos y diseños que no cumplen con las normas establecidas por cada país. Esto se refleja en el gradual deterioro de las carreteras a lo largo de distintas etapas. En sus primeras fases, la degradación es gradual, pero con el tiempo, se agrava, lo que conlleva a condiciones críticas que restringen el uso de las carreteras, en ocasiones dando lugar a situaciones insostenibles en términos prácticos o incluso al cierre de las carreteras (Monge, 2013). Los estudios llevados a cabo por el Banco Mundial en 1994 indicaron que el descuido de una carretera, desde su deterioro hasta alcanzar una condición crítica, resulta en un aumento significativo de los costos de operación. Según los datos recopilados, cada \$1 USD no invertido en el mantenimiento de la carretera conlleva un incremento en los costos operativos que oscila entre \$2 y \$3 USD (Banco Mundial, 2013).

Castañeda et al. (2021) llevó a cabo un estudio exhaustivo para determinar, examinar y analizar las patologías que afectan los afirmados de diversas carreteras. La metodología empleada se basó en el método científico y los datos recopilados fueron analizados de manera descriptiva. Los resultados revelaron que los afirmados exhiben diversos deterioros, entre los que se incluyen cabezas duras, pérdida de grava, disgregación del material, granulometría discontinua, baches y acumulación de agua en pozos. Además, identificó que los afirmados presentan deterioros acelerados, atribuibles a la discontinuidad del material granular en las carreteras.

A nivel nacional la infraestructura de transportes no tuvo un avance mayor a los años anteriores, existe un deterioro acelerado de carreteras ocasionado por diversos factores una de la más resaltante la falta de calidad en el afirmado que se utiliza sin tomar en consideración los materiales adecuados y respetando las normas dadas por el Manual Técnico de Carreteras (Nieto & Giancarlo, 2018). El Instituto Nacional de Estadística (INEI) indica que más el 50% de la población rural de Perú es pobre, por falta de caminos y carreteras; falta de mantenimiento y un perfecto diseño de las mismas, para un mayor tiempo de vida útil (INEI, 2011). Nuestro país no cuenta con un plan nacional de infraestructura; esto implica que los actuales diseños de carreteras tienen la lógica de resolver un problema puntual, y no una solución a largo plazo, no alcanzando el tiempo de vida para el cual fue diseñado (IPE, 2017). Según el reporte del Foro Económico Mundial (WEF), entre el 2011 y 2016, nuestro país ha retrocedido en infraestructura de caminos; el cual se ve reflejado en el deterioro de las vías de la Red Vial Departamental y la Vecinal; el cual es muy pobre, con 86% y 92% de las vías aún no pavimentadas (WEF, 2017).

El departamento de Cajamarca tiene una longitud vial de 11,989.19 Km. Considerando el tipo de superficie de rodadura, el 5.22 % son carreteras asfaltadas, el 31.09% son afirmadas, 0.18% sin afirmar y el 63.51% restante corresponde a trochas carrozables, de los cuales gran parte de las superficies de rodadura afirmados, sin afirmar y trochas carrozables; presentan deterioros considerables, necesitando mantenimiento urgente o reconstrucción del afirmado (GRC, 2011).

Llanos (2018), identificó los factores que contribuyen al deterioro de las vías afirmadas. La metodología adoptada consistió en realizar visitas a las carreteras, llevando a cabo observaciones detalladas de los distintos deterioros mediante el método visual utilizando las tablas del Inventario de Condición. Los resultados obtenidos indicaron la presencia de diversos problemas, tales como baches originados por un inadecuado drenaje, deformación y erosión provocadas por condiciones climáticas y deficientes sistemas de drenaje, encalaminado atribuido a las vibraciones generadas por los vehículos, así como cruce de agua y formación de lodazales debido a un drenaje deficiente. El estudio sugiere que el factor predominante en el deterioro de las vías afirmadas radica en la falta de cumplimiento de los requisitos especificados en el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas por parte del material utilizado en la construcción. La infraestructura vial de la provincia de Jaén se encuentra íntegramente conformada por carreteras, las cuales ostentan diversas calificaciones con respecto a su superficie de rodadura. Se destaca, en particular, que el tramo correspondiente a la red vial nacional se caracteriza por contar mayoritariamente con pavimento asfáltico. Además, se observa la existencia de trochas carrozables que contienen los centros poblados del distrito, sumando una longitud de 232.37 km. Es imperante señalar que la gran mayoría de estas trochas carrozables se encuentran en un estado de deterioro, (MPJ, 20221).

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de granulometría y plasticidad en la vida útil de las carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel de afirmado en la provincia de Jaén. Desde el punto de vista metodológico, la investigación se justifica, debido a que en la zona no se cuenta con investigaciones realizadas respecto a este tema, y nos permitirá proporcionar nuevos antecedentes para la realización de otros estudios relacionados con los parámetros que deben cumplir los afirmados para su vida útil. Desde el aspecto social, este estudio se llevó a cabo con el propósito de tener carreteras que aporten mejor servicio de transpirabilidad, ahorros de tiempo, una reducción en el costo de operaciones de los vehículos y brindar un mejor transporte de la población a los diferentes distritos de la Provincia de Jaén. Desde el punto de vista ambiental reducirá el impacto ambiental generado por la explotación y extracción continua de afirmados para el mantenimiento y diseño de las carreteras de bajo volumen de tránsito.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación plantea un método científico del tipo aplicada, porque busco resolver un determinado problema social, enfocado en la búsqueda de los parámetros necesarios de calidad para su aplicación y obtener mayor durabilidad a los afirmados. El diseño de investigación es experimental donde se utilizó el método analítico que nos permitió resolver el problema y demostrar la afirmación de nuestra hipótesis, en función de los objetivos. La población de esta investigación estuvo conformada por las carreteras de bajo volumen de tránsito de la provincia de Jaén, se consideró este grupo como población, porque para determinar cómo influye la granulometría y la plasticidad en la vida útil de los afirmados, es necesario el análisis de las carreteras de la provincia de Jaén. La muestra de investigación consiste en 5 carreteras de la provincia de Jaén, necesarias para la ejecución de nuestra investigación, para realizar los ensayos de plasticidad, granulometría y calificación del deterioro de las carreteras: Morro Solar – Miraflores - La Palma Central, C.P. Las Naranjas – Santa Fe, Rosario de Chingama – San Lorenzo, Playa Azul – Colasay y Chunchuquillo – Chontalí, los criterios de selección de carreteras fueron los siguientes: Las carretas afirmadas de bajo volumen de tránsito no deberían tener más de cinco(05) años de vida útil, las cinco(05) carretas escogidas deben pertenecer a la Provincia de Jaén, se seleccionó las carretas que tienen su capa de afirmado más deteriorada para investigar cuales fueron sus causas y en qué nivel de deterioro se encuentran a través de los ensayos antes mencionados. Esta investigación es de tipo no probabilístico representativo o conocido como muestreo por conveniencia ya que se determinará los elementos que integrarán la muestra a través del reconocimiento de cada carreta para luego elegir cinco de ellas para la investigación.

Tabla 1. Muestra de la investigación

Muestra	Nombre
Carretera 1	Morro Solar – Miraflores
Carretera 2	C.P. Las Naranjas – Santa Fe
Carretera 3	Rosario de Chingama – San Lorenzo
Carretera 4	Playa Azul – Colasay
Carretera 5	Chunchuquillo – Chontalí

Las técnicas para la recolección de datos fueron la observación y la experimentación y los instrumentos fueron la ficha de formato para granulometría, ficha de formato para límite líquido, ficha de formato para límite plástico, formato para el cálculo de los índices de plasticidad y tablas de Inventario de Condición. El procedimiento para la recolección de datos fue el siguiente: La primera parte se recolectó, solicito información de la municipalidad provincial de Jaén; de donde se obtuvo los expedientes técnicos de las

últimas carreteras afirmadas de la provincia de Jaén; como segunda parte se realizó el estudio de la superficie de rodadura de la capa de afirmado de las carreteras en estudio, para la recolección de muestras, se realizó un punto de muestreo en cada kilómetro del tramo escogido de la carretera, con una profundidad de 0.15 m o 0.20 m, como indique el expediente técnico del espesor de la capa de afirmado en las diferentes carreteras; en la tercera parte se realizaron los ensayos en el laboratorio como el Análisis Granulométrico por Tamizado que consistió en obtener la cantidad de material que pasa a través de una matriz con una malla dada, pero que es retirada en el siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores que la anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices. Se utilizó este método debido a que la muestra de suelo seca se rompe fácilmente por la presión de los dedos pulverizándose el material fino, para la determinación del límite líquido se obtuvo el material pasante del tamiz 425 μm (N° 40), esta se mezcló con agua uniformemente, seguidamente se colocó una muestra en la copa de Casagrande, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal, posteriormente esta muestra se partió en dos, para la primera prueba, se realizó para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, la segunda prueba para un cierre entre 20 y 30 golpes, y la última prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes, para la determinación del límite plástico, se utilizó material que paso el tamiz N° 40, luego se amasó con agua uniformemente que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se moldeó la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Posteriormente se dejó secar por 24 horas para posteriormente obtener su peso, para la obtención del índice de plasticidad, se realizó su cálculo sacando la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico; la cuarta parte consistió en la identificación de cada uno de los tramos para determinar las fallas teniendo en cuenta el tipo de daño, nivel de gravedad y su clase de densidad (solo aplica al tipo de daño 3 Baches o huecos), de cada uno de ellos; por último, en la quinta parte se realizó el proceso de calificación de la condición superficial de la capa de rodadura de la carretera no pavimentada o afirmada por secciones de 500 m (MTC, 2014).

Los datos obtenidos en los ensayos de granulometría y límites de Atterberg fueron analizados a través de tabulación de datos, tablas, gráficos, mediante el reglamento del M.T.C, haciendo énfasis en el afirmado. Las herramientas estadísticas a utilizar son las siguientes: Tablas para almacenar los datos, a través de gráficos de diseño completamente al azar, Excel, etc. Por medio de estas herramientas nos permitirá comprar cierta cantidad de muestras.

RESULTADOS

La granulometría se expresa mediante la distribución porcentual de fracciones de tamaño, incluyendo gravas, arenas y finos. Su evaluación se realizó mediante el cumplimiento de niveles específicos. En el aspecto de la plasticidad, se consideran porcentajes correspondientes a los límites líquidos (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP), evaluando el grado de cumplimiento del índice de plasticidad. Adicionalmente, se examinan los resultados relativos al deterioro de las carreteras, con el propósito de proporcionar una evaluación que contribuya a la estimación del tiempo de vida útil de las mismas. Por último, se efectúa la interpretación de las gráficas de dispersión mediante el uso de líneas polinómicas de grado 3, con el fin de analizar y comprender las relaciones y tendencias presentes en los datos recopilados. Este enfoque metodológico integral busca brindar una visión más completa y precisa de las características y condiciones de los materiales y estructuras estudiadas.

Niveles de cumplimiento de plasticidad y granulometría de la muestra

Ensayo de Plasticidad

En la Tabla 2 se exponen los resultados concernientes al índice de plasticidad (IP) y su correspondiente nivel de cumplimiento, siguiendo los criterios establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), donde únicamente 7 puntos de muestreo satisfacen los parámetros requeridos para ser clasificados como un afirmado, conforme al IP. Es pertinente destacar que los demás puntos de muestreo analizados no se encuentran dentro del rango predefinido del 4% al 9% para el índice de plasticidad, o bien, no manifiestan propiedades plásticas. Este hallazgo subraya la necesidad de una evaluación más detallada y posiblemente acciones correctivas, dado que el incumplimiento de los estándares establecidos puede tener implicaciones significativas en la calidad y durabilidad del afirmado de la carretera en dichos puntos.

Tabla 2. Cumplimiento de los IP; por cada punto de muestreo de las 5 carreteras

Exploración	Tramo	IP	IP (4%-9%)
C1	Tramo 01-ms-p	3.72	No cumple
C2	Tramo 01-ms-p	NP	No cumple
C3	Tramo 01-ms-p	2.44	No cumple
C4	Tramo 01-ms-p	NP	No cumple
C5	Tramo 01-ms-p	2.77	No cumple
C1	Tramo 02-ms-p	NP	No cumple
C2	Tramo 02-ms-p	NP	No cumple
C3	Tramo 02-ms-p	NP	No cumple
C4	Tramo 02-ms-p	NP	No cumple
C1	Tramo 03-ms-p	4.58	Cumple
C2	Tramo 03-ms-p	3.69	No cumple
C3	Tramo 03-ms-p	NP	No cumple

C4	Tramo 03-ms-p	NP	No cumple
C1	Tramo 04-ms-p	NP	No cumple
C2	Tramo 04-ms-p	3.39	No cumple
C3	Tramo 04-ms-p	NP	No cumple
C1	Tramo 01-ln-sf	NP	No cumple
C2	Tramo 01-ln-sf	NP	No cumple
C3	Tramo 01-ln-sf	NP	No cumple
C5	Tramo 02-ln-sf	NP	No cumple
C6	Tramo 02-ln-sf	NP	No cumple
C7	Tramo 02-ln-sf	5.54	Cumple
C1	Tramo 01-rc-sl	3.88	No cumple
C2	Tramo 01-rc-sl	3.19	No cumple
C3	Tramo 01-rc-sl	NP	No cumple
C4	Tramo 01-rc-sl	2.89	No cumple
C1	Tramo 02-rc-sl	4.4	Cumple
C2	Tramo 02-rc-sl	2.81	No cumple
C3	Tramo 02-rc-sl	NP	No cumple
C4	Tramo 02-rc-sl	NP	No cumple
C1	Tramo 03-rc-sl	NP	No cumple
C2	Tramo 03-rc-sl	NP	No cumple
C3	Tramo 03-rc-sl	NP	No cumple
C4	Tramo 03-rc-sl	3.2	No cumple
C1	Tramo 01-pa-c	3.55	No cumple
C2	Tramo 01-pa-c	6.3	Cumple
C3	Tramo 01-pa-c	NP	No cumple
C1	Tramo 02-pa-c	NP	No cumple
C2	Tramo 02-pa-c	NP	No cumple
C3	Tramo 02-pa-c	4.31	Cumple
C4	Tramo 03-pa-c	NP	No cumple
C1	Tramo 03-pa-c	NP	No cumple
C2	Tramo 03-pa-c	NP	No cumple
C3	Tramo 03-pa-c	4.25	Cumple
C1	Tramo 01-chu-cho	NP	No cumple
C2	Tramo 01-chu-cho	4.26	Cumple
C3	Tramo 01-chu-cho	NP	No cumple
C4	Tramo 01-chu-cho	2.89	No cumple
C1	Tramo 02-chu-cho	NP	No cumple
C2	Tramo 02-chu-cho	NP	No cumple
C3	Tramo 02-chu-cho	NP	No cumple
C4	Tramo 02-chu-cho	NP	No cumple

Ensayo de Granulometría

La Tabla 3 detalla los resultados obtenidos en la evaluación de la granulometría, indicando la conformidad o no conformidad con las franjas granulométricas establecidas por el MTC, correspondientes a cada segmento de la carretera. La observación de estos datos revela que, de un total de 52 puntos de muestreo, 38 muestran una concordancia con una de las franjas designadas, específicamente la categoría A-1. Sin embargo, es importante señalar que los 14 puntos restantes exhiben una curva granulométrica que no se ajusta de manera uniforme a las franjas establecidas, presentando, en cambio, una irregularidad en su distribución.

Tabla 3. Verificación si cumple o no cumple con la franja granulométrica según el MTC de las 5 carreteras

Exploración	Tramo	franja gran-mtc
C1	Tramo 01-ms-p	A-1
C2	Tramo 01-ms-p	CI
C3	Tramo 01-ms-p	A-1
C4	Tramo 01-ms-p	A-1
C5	Tramo 01-ms-p	A-1
C1	Tramo 02-ms-p	A-1
C2	Tramo 02-ms-p	CI
C3	Tramo 02-ms-p	CI
C4	Tramo 02-ms-p	A-1
C1	Tramo 03-ms-p	A-1
C2	Tramo 03-ms-p	CI
C3	Tramo 03-ms-p	CI
C4	Tramo 03-ms-p	A-1
C1	Tramo 04-ms-p	A-1
C2	Tramo 04-ms-p	A-1
C3	Tramo 04-ms-p	CI
C1	Tramo 01-ln-sf	A-1
C2	Tramo 01-ln-sf	A-1
C3	Tramo 01-ln-sf	A-1
C5	Tramo 02-ln-sf	CI
C6	Tramo 02-ln-sf	A-1
C7	Tramo 02-ln-sf	A-1
C1	Tramo 01-rc-sl	A-1
C2	Tramo 01-rc-sl	A-1
C3	Tramo 01-rc-sl	A-1
C4	Tramo 01-rc-sl	A-1
C1	Tramo 02-rc-sl	A-1
C2	Tramo 02-rc-sl	A-1
C3	Tramo 02-rc-sl	A-1
C4	Tramo 02-rc-sl	CI
C1	Tramo 03-rc-sl	A-1
C2	Tramo 03-rc-sl	A-1
C3	Tramo 03-rc-sl	A-1
C4	Tramo 03-rc-sl	A-1
C1	Tramo 01-pa-c	A-1
C2	Tramo 01-pa-c	A-1
C3	Tramo 01-pa-c	CI
C1	Tramo 02-pa-c	A-1
C2	Tramo 02-pa-c	CI
C3	Tramo 02-pa-c	A-1
C4	Tramo 03-pa-c	CI
C1	Tramo 03-pa-c	CI
C2	Tramo 03-pa-c	CI
C3	Tramo 03-pa-c	A-1
C1	Tramo 01-chu-cho	A-1
C2	Tramo 01-chu-cho	A-1
C3	Tramo 01-chu-cho	A-1
C4	Tramo 01-chu-cho	A-1
C1	Tramo 02-chu-cho	CI
C2	Tramo 02-chu-cho	A-1
C3	Tramo 02-chu-cho	A-1
C4	Tramo 02-chu-cho	A-1

Calificación de la condición del afirmado (deterioro)

La Tabla 4, muestra los resultados de la Clasificación de deterioro de la capa de rodadura por secciones de 500m de carreteras afirmadas o no pavimentadas, por puntos de muestreo; pertenecientes a cada tramo de las 5 carreteras. Donde se puede apreciar que el tramo de 500 metros evaluado con mayor calificación y una mejor vida útil, es la sección ubicada en la C2, con un puntaje de condición de 415.39, ubicada en el Tramo 02-pa-c.

Tabla 4. Clasificación de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500m de las 5 carreteras

Exploración	Tramo	Puntaje de condición (deterioro)
C1	Tramo 01-ms-p	396.80
C2	Tramo 01-ms-p	385.19
C3	Tramo 01-ms-p	369.06
C4	Tramo 01-ms-p	413.97
C5	Tramo 01-ms-p	383.96
C1	Tramo 02-ms-p	321.89
C2	Tramo 02-ms-p	371.05
C3	Tramo 02-ms-p	376.70
C4	Tramo 02-ms-p	351.14
C1	Tramo 03-ms-p	386.61
C2	Tramo 03-ms-p	281.46
C3	Tramo 03-ms-p	371.07
C4	Tramo 03-ms-p	347.01
C1	Tramo 04-ms-p	399.43
C2	Tramo 04-ms-p	360.79
C3	Tramo 04-ms-p	361.29
C1	Tramo 01-ln-sf	296.85
C2	Tramo 01-ln-sf	300.94
C3	Tramo 01-ln-sf	366.78
C5	Tramo 02-ln-sf	345.42
C6	Tramo 02-ln-sf	319.96
C7	Tramo 02-ln-sf	322.55
C1	Tramo 01-rc-sl	385.20
C2	Tramo 01-rc-sl	369.43
C3	Tramo 01-rc-sl	289.60
C4	Tramo 01-rc-sl	369.47
C1	Tramo 02-rc-sl	370.96
C2	Tramo 02-rc-sl	270.18
C3	Tramo 02-rc-sl	275.20
C4	Tramo 02-rc-sl	264.38
C1	Tramo 03-rc-sl	316.19
C2	Tramo 03-rc-sl	392.34
C3	Tramo 03-rc-sl	378.85
C4	Tramo 03-rc-sl	353.93
C1	Tramo 01-pa-c	358.00
C2	Tramo 01-pa-c	386.00
C3	Tramo 01-pa-c	392.54
C1	Tramo 02-pa-c	367.20
C2	Tramo 02-pa-c	415.39
C3	Tramo 02-pa-c	390.20

C4	Tramo 03-pa-c	374.20
C1	Tramo 03-pa-c	331.90
C2	Tramo 03-pa-c	343.60
C3	Tramo 03-pa-c	361.69
C1	Tramo 01-chu-cho	385.17
C2	Tramo 01-chu-cho	337.60
C3	Tramo 01-chu-cho	286.80
C4	Tramo 01-chu-cho	397.44
C1	Tramo 02-chu-cho	362.00
C2	Tramo 02-chu-cho	378.80
C3	Tramo 02-chu-cho	376.39
C4	Tramo 02-chu-cho	296.60

Cuantificación del Deterioro/Fallas General de Todas las Carreteras

La Tabla 5 presenta el porcentaje total por cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500m de carreteras afirmadas o no pavimentadas, de todas las carreteras. Se puede apreciar que el deterioro más frecuente en esta carretera son las erosiones con un 31.91%. Seguido por las deformaciones con 26.03% y los baches y huecos con 4.54%.

Tabla 5. Cuantificación del Deterioro/Fallas General de Todas las Carreteras

Tipo de Daño	Longitud	Porcentaje
Deformación	6767.00	26.03%
Erosión	8297.00	31.91%
Baches o Huecos	1181.00	4.54%
Encalaminado	118.00	0.45%
Lodazal	89.00	0.34%
Cruce de Agua	71.00	0.27%
Sin daño	9477.00	36.45%
Total, de carretera con daños	16523.00	63.55%
Cantidad de carretera evaluada	26000.00	100.00%

Influencia de la granulometría y plasticidad en la vida útil de los afirmados

Para el análisis de la influencia de la granulometría y plasticidad en los afirmados, se realizó un análisis global de todos los resultados obtenidos de granulometría, plasticidad y calificación del deterioro; mediante gráficos de dispersión y líneas de tendencias poligonales de grado 3. Se han ido separando los datos obtenidos que no cumplan con las franjas granulométricas según el ministerio de transportes y comunicaciones MTC, y finalmente solo han sido analizados los resultados a favor de la tendencia, para un mejor análisis, y un resultado verídico.

Granulometría

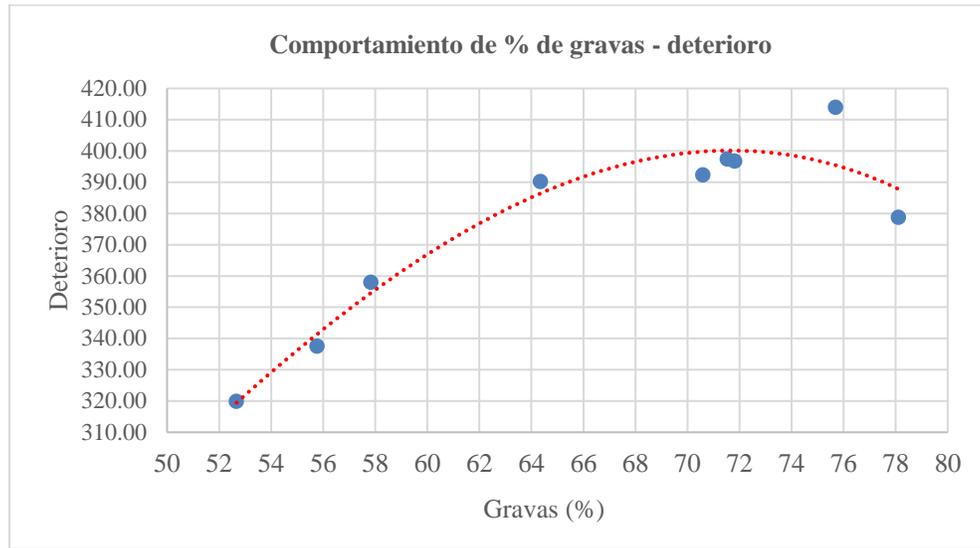


Figura 1. Gravas (%) vs deterioro

La Figura 1 representa el porcentaje de gravas vs el deterioro de todas las carreteras. Donde se obtiene que de un 70% hasta un 74% se obtiene una mejor vida útil de afirmados, alcanzando un deterioro de 400; que es un valor muy bajo de deterioro, que solo requiere un mantenimiento rutinario.

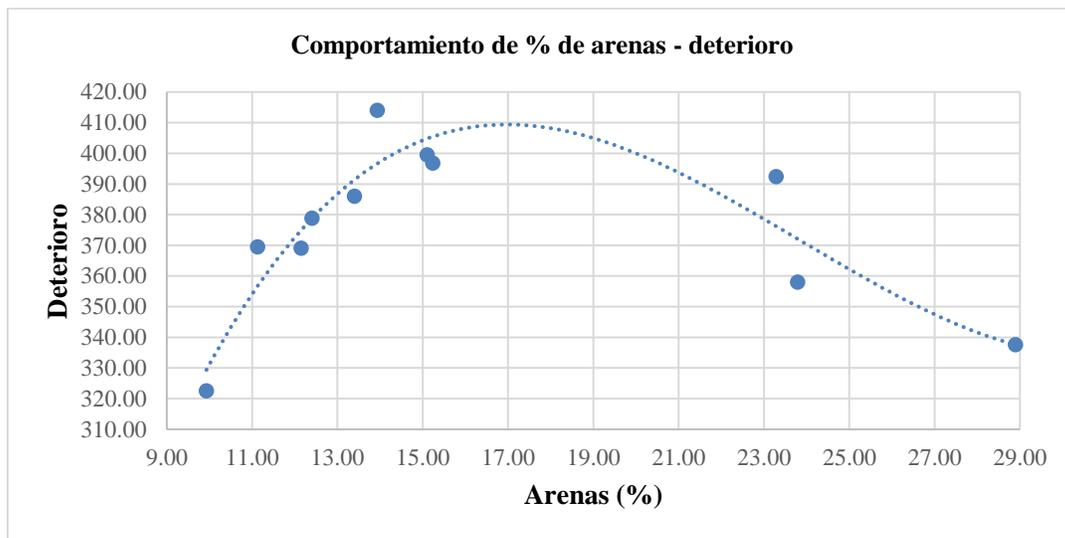


Figura 2. Arenas (%) vs deterioro

La Figura 2 representa el porcentaje de arenas vs el deterioro de todas las carreteras. Donde se obtiene que de un 15% hasta un 19% se obtiene una mejor vida útil de afirmados, alcanzando un deterioro de 405 hasta un 410; que es un valor muy bajo de deterioro, que no requiere de ningún mantenimiento.

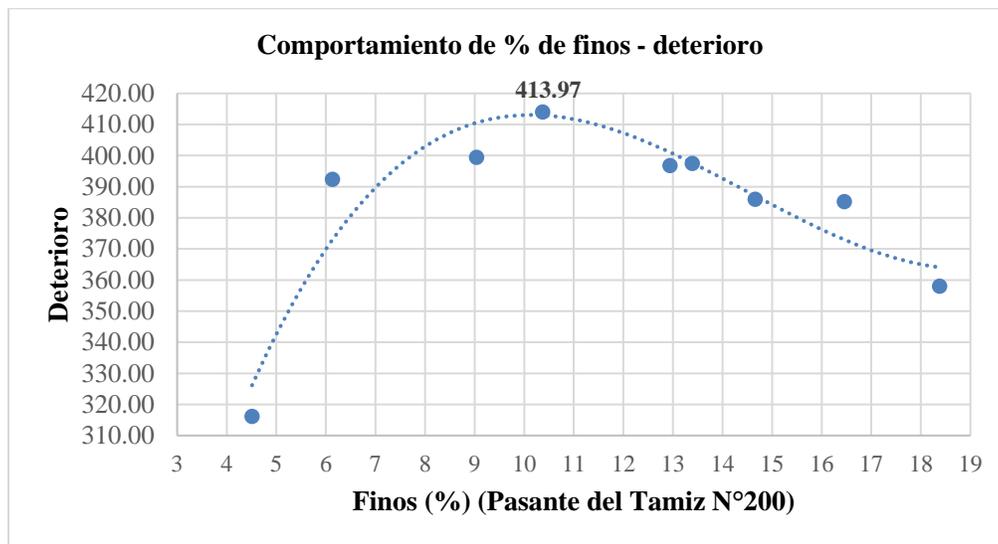


Figura 3. Finos (%) (Pasante del Tamiz N°200) vs deterioro

La Figura 3, representa el porcentaje de finos vs el deterioro de todas las carreteras. Donde se obtiene que de un 9% hasta un 11% se obtiene una mejor vida útil de afirmados, alcanzando un deterioro de 410 hasta un 413; que es un valor muy bajo de deterioro, que no requiere de ningún mantenimiento.

Plasticidad

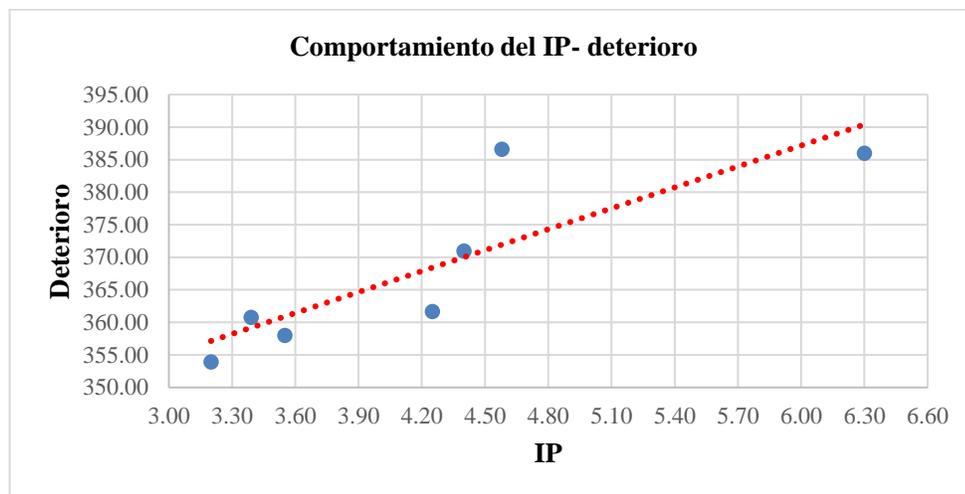


Figura 4. IP vs deterioro

La Figura 4 presenta el IP vs el deterioro de todas las carreteras. Donde se obtiene que, de un IP de 3, los valores de deterioro comienzan a subir, a medida que el IP aumenta, respetando las especificaciones técnicas de un afirmado, para carreteras.

DISCUSIÓN

El 73% de las muestras analizadas se ajusta a una franja granulométrica, siendo el material predominante el tipo A-1. No obstante, los valores de Índice de Plasticidad (IP) obtenidos se sitúan por debajo del umbral del 4% en varias muestras, y en algunos casos, se observa un NP (No Plástico). Esto sugiere que el material empleado para el afirmado de las carreteras de bajo tráfico en la provincia de Jaén no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras. De acuerdo con las directrices del MTC (2015, pág. 113), un afirmado se define como la construcción de una o más capas de material granular seleccionado para formar la superficie de rodadura de una carretera, debiendo poseer la cantidad adecuada de material fino cohesivo para mantener cohesionadas las partículas. Es imperativo destacar que los materiales aprobados deben provenir de canteras u otras fuentes confiables.

La divergencia en los resultados entre nuestra investigación y los estudios previos, como el de Balboa (2019) y Chasquero & Hurtado (2019), es evidente y subraya la variabilidad inherente en las características de los materiales empleados en afirmados viales. Mientras que Balboa (2019) observó una conformidad con las franjas granulométricas y el rango de índice de plasticidad en la carretera Chasquitambo, nuestros hallazgos en las cinco (05) carreteras de baja circulación en la provincia de Jaén indican discrepancias sustanciales.

Adicionalmente, los resultados de Chasquero & Hurtado (2019), que utilizaron mezclas de material de afirmado y concreto reciclado debidamente procesado, mostraron una clasificación en GC - A-2-4(0) y cumplimiento de los requisitos de la Gradación A-1 según el Manual de Carreteras, junto con valores de índice de plasticidad entre el 7% y el 9%. Estos resultados contrastan con nuestra investigación, donde la mayoría de los puntos de muestreo no cumplieron con los parámetros establecidos por el MTC (2014) para las seis curvas granulométricas y el rango de índice de plasticidad.

En la investigación, de los 52 puntos de muestreo en las 5 carreteras, el 73% se asemeja a la franja granulométrica A-1, predominantemente compuesta por gravas. Sin embargo, los valores de índice de plasticidad en 45 de los 52 puntos de muestreo no cumplen con el parámetro requerido del 4% al 9% para un afirmado, según las especificaciones del MTC (2014). De forma similar, Bustamante & Cubas (2020) obtuvieron como resultados que la mayor parte de la vía Tramo Ciudad de Bambamarca Centro Poblado Lucmacucho, Distrito Bambamarca, Cajamarca los suelos que más predominan son A-4 (9) según clasificación AASHTO, y su menor IP es de IP=13.60% lo cual no cumple con los parámetros necesarios para un afirmado según el MTC. Este resultado concuerda con los que se halló en nuestra investigación, ya que el material utilizado para el afirmado las carretas no cumplen con los parámetros

de granulometría (franjas granulométricas) y plasticidad (4%-9%) MTC necesarios para una capa de afirmado, esto ocasiona que las carretas afirmadas con cumplan con su tiempo de vida útil con la que fue diseñada.

Las 5 carretas de bajo volumen de tránsito de la provincia de Jaén, tienen un nivel de deterioro del 31.91% por erosión, el 26.03% por deformación, el 4.54% por baches o huecos, el 0.45% por encalaminado, el 0.34% por lodazal y el 0.27% por cruce de agua. El deterioro de la carretera Morro Solar – La palma Central tiene un puntaje promedio de 367.34, el deterioro de la carretera C.P. Las Naranjas – Santa Fe tiene un puntaje promedio de 325.41, el deterioro de la carretera Rosario de Chingama – San Lorenzo tiene un puntaje promedio de 336.31, el deterioro de la carretera Playa Azul - Colasay tiene un puntaje promedio de 372.07 y el deterioro de la carretera Chunchuquillo - Chontalí tiene un puntaje promedio de 352.6. Según el MTC el deterioro de las carreteras se califica de la siguiente manera, de 50-150 es necesario una reconstrucción, de 150-400 es necesario una conservación periódica, de 400-500 es necesario una conservación rutinaria.

CONCLUSIONES

En el análisis de la granulometría, se observa que un porcentaje óptimo para el afirmado es de 70% a 74% de gravas, 15% a 19% de arenas, y 9% a 11% de finos, lo cual se correlaciona con una mayor durabilidad en el tiempo de vida útil del afirmado. Asimismo, se destaca que a medida que el Índice de Plasticidad (IP) se encuentra dentro del rango establecido del 4% al 9%, se experimenta un aumento en la duración de los afirmados. En el muestreo de la capa de afirmado en 52 puntos distribuidos en 5 carreteras, se observa que 38 puntos cumplen con una de las franjas granulométricas A-1, según las especificaciones del Manual de Carreteras. En contraste, los 14 puntos restantes no se ajustan a ninguna franja, presentando curvas irregulares, lo cual indica una variabilidad en la calidad de los materiales utilizados. En cuanto al índice de plasticidad, se destaca que, de los 52 puntos muestreados a nivel de la capa de afirmado, solo en 7 de ellos el valor de IP cumple con los parámetros establecidos (4%-9%), mientras que en los 45 puntos restantes no se alcanza dicho valor, según las especificaciones del Manual de Carreteras. En relación al deterioro de las 5 carreteras no pavimentadas (afirmadas), se identifica que la erosión tiene la mayor incidencia, representando un 31.91%. Le siguen las deformaciones con un 26.03%, baches o huecos con un 4.54%, encalaminados con un 0.45%, lodazales con un 0.34% y cruces de agua con un 0.27%. Estos resultados destacan áreas de atención prioritaria para la planificación y ejecución de acciones de mantenimiento y mejora en las carreteras estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BM. (2013). *Deterioro vial en los países en desarrollo*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/home>
- Chasquero, M. J., & Hurtado, C. H. (2019). Uso del Concreto Reciclado Proveniente de Demoliciones para la Producción de Afirmado. *Repositorio UNJ*. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/239>
- GRC. (2011). *Plan Vial Departamental Participativo Cajamarca, 2011-2020*. Obtenido de <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/planes/documentos/plan%20vial%20departamental%20participativo%20cajamarca%202011-2020.pdf>
- INEI. (2011). *Perú: nuevos caminos rurales para reducir la pobreza*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/>
- IPE. (2017). ¿Hacia dónde va la Infraestructura del Transporte en el Perú? *Costos*.
- Llanos, C. L. (2018). Factores que más Influyen en el Deterioro de Las Carreteras no Pavimentadas (Afirmadas) de Cajamarca – Santa Barbara, Cajamarca – Tres Molinos, Cajamarca – Cumbe Mayo, Cajamarca 2017. *Repositorio Institucional UPN*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23558>
- Monge, J. A. (2013). Mejores prácticas para el mantenimiento de caminos rurales en naciones en vías de desarrollo. *PITRA*. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/50625112500/329/42.pdf?sequence=1>
- MPJ. (2021). *Plan Vial Provincial de Jaén*. Obtenido de https://munijaen.gob.pe/documentos/doc_web/bc27a8a144_Ordenanzamunicipal16-2021.pdf
- MTC. (2014). *Mantenimiento o Conservación Vial*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_9%20mcv-2014_2016.pdf
- MTC. (2015). *Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima.

Nieto, O. A., & Giancarlo, R. O. (2018). *Propuesta de Parámetros de Calidad del Afirmado para Carreteras no Pavimentadas del Perú a Fin de Mejorar su Serviciabilidad*. Lima.

Saúl, C. O., & Jeison, N. A. (2021). *Determinación de factores influyentes en el deterioro de carreteras no pavimentadas para detallar el mantenimiento Cp. Herbay Alto - Cañete 2020*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61934>

WEF. (2017). *Foro Económico Mundial*. Obtenido de <https://www.weforum.org/>