

Análisis de la correlación entre el estado de los pavimentos urbanos y elementos del sistema de drenaje

M. Diniz^{1*}  R. Melo¹ 

*Autor de Contacto: mariaingridydiniz@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v13i2.604>

Recibido: 09/05/2022 | Correcciones recibidas: 23/03/2023 | Aceptado: 29/03/2023 | Publicado: 01/05/2023

RESUMEN

La investigación en cuestión tuvo como objetivo analizar la correlación entre el índice de condición del pavimento y la condición de dos elementos de drenaje superficial: desagües pluviales y cunetas. El estudio fue realizado a partir del análisis de 19 tramos, distribuidos por el barrio de Tambaú, en João Pessoa-PB. El cálculo del estado de los pavimentos se realizó por el método PCI y el estado de los elementos de drenaje se verificó mediante análisis subjetivo. Los resultados de la investigación mostraron cuando los elementos encajan o no en las condiciones ideales, y aunque los elementos de drenaje son considerados en el desempeño del pavimento, la evaluación estadística mostró una débil correlación entre la condición del pavimento y los elementos de drenaje evaluados.

Palabras clave: sistemas de infraestructura; estadística; caminos urbanos.

Citar como: Diniz, M., Melo, R. (2023), "Análisis de la correlación entre el estado de los pavimentos urbanos y elementos del sistema de drenaje", Revista ALCONPAT, 13 (1), pp. 220 – 234, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v13i2.604>

¹ Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Contribución de cada autor

En este trabajo, el autor 1 contribuyó con la actividad de revisión de literatura, recolección de datos, redacción del trabajo, discusión de resultados y conclusiones, correspondiente al 60% del trabajo, el autor 2 contribuyó con la actividad de la idea original, revisión del trabajo final, opiniones en las discusiones, correspondiente al 40%.

Licencia Creative Commons

Los derechos de autor (2023) son propiedad de los autores. Este trabajo es un artículo de acceso abierto publicado bajo los términos y condiciones de una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discusiones y correcciones posteriores a la publicación

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el primer número del año 2024 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del tercer número del año 2023.

Analysis of the drainage system between the condition of urban pavements and drainage elements

ABSTRACT

The research in question aimed to analyze the correlation between the pavement condition index and the condition of two surface drainage elements: storm drains and gutters. The study was carried out from the analysis of 19 stretches, distributed by the neighborhood of Tambaú, in João Pessoa-PB. The calculation for the condition of the pavements was performed by the PCI method and the condition of the drainage elements was verified by means of subjective analysis. The research results showed when the elements fit or not in the ideal conditions, and although the drainage elements are considered in the pavement performance, the statistical evaluation showed a weak correlation between the pavement condition and the evaluated drainage elements.

Keywords: infrastructure systems; statistic; urban roads.

Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem

RESUMO

A pesquisa em questão objetivou analisar a correlação entre o índice de condição dos pavimentos e a condição de dois elementos de drenagem superficial: bocas de lobo e sarjetas. O estudo foi realizado a partir da análise de 19 trechos, distribuídos pelo bairro de Tambaú, em João Pessoa-PB. O cálculo para a condição dos pavimentos foi realizado pelo método do PCI e a condição dos elementos de drenagem foi verificada por meio de análise subjetiva. Os resultados da pesquisa mostraram quando os elementos se enquadravam ou não nas condições ideais, e embora os elementos de drenagem sejam considerados no desempenho dos pavimentos, a avaliação estatística apresentou uma correlação fraca entre a condição dos pavimentos e os elementos de drenagem avaliados.

Palavras-chave: sistemas de infraestrutura; estatística; vias urbanas.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación se realiza en apego al código COPE y a la licencia CC BY 4.0 de la Revista ALCONPAT.

1. INTRODUCCIÓN

Consideradas como el principal medio de transporte, las carreteras son de gran importancia en el desarrollo del país (PIRES E MENDES, 2021), y para que las carreteras cumplan adecuadamente su función, deben tener un adecuado estado de conservación.

Un pavimento con una estructura que no se comporta adecuadamente puede tener consecuencias no deseadas. En esta perspectiva, el drenaje de una vía ayuda en su conservación, además de prevenir accidentes en las vías. Por lo tanto, uno de los principales objetivos del drenaje vial es proteger la infraestructura de la acción negativa del agua, como la reducción de la estructura del piso y el desmantelamiento de los vertederos (LIMA et al., 2022).

Según Pinheiro, Coutinho y Ferreira (2021), el sistema de drenaje es un elemento esencial en cuanto al desempeño de la mayoría de los elementos que componen una vía urbana. Aún según el autor, la correcta conducción del agua es la principal función del sistema de drenaje, pudiendo preservar las características de las capas de diseño del pavimento, como la base, sub-base y subrasante, además de asegurar una mayor durabilidad de los mismos. el pavimento de la calzada, además de evitar la acumulación de agua en la superficie.

Una forma de asegurarse de que el sistema de drenaje funciona correctamente es comprobando el buen estado de los elementos que lo componen. Además de la estructura, la limpieza y el mantenimiento de los elementos también son fundamentales para que el sistema cumpla con sus funciones de diseño.

Por lo tanto, el trabajo en cuestión se propuso evaluar la correlación entre el estado de los pavimentos seleccionados y el estado de dos elementos superficiales de drenaje de los tramos: alcantarillas y cunetas. A partir de la correlación se pretende conocer en qué medida influye el estado de conservación de los elementos de drenaje en el estado de los pavimentos. Finalmente, los responsables de la gestión de los sistemas de infraestructura pueden utilizar las métricas presentadas como ayuda para el mantenimiento y recuperación de las estructuras evaluadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pisos

Los pavimentos de las carreteras son de gran importancia de cara al desarrollo de un país al ayudar a la realización de servicios básicos, como el transporte de mercancías y el movimiento de la población. Dada su importancia, es necesario que las vías se encuentren en buen estado de conservación para que puedan ofrecer sus servicios de forma adecuada y segura para los usuarios (LIMA et al., 2022).

Una forma de comprobar si los pavimentos se encuentran en un estado de conservación aceptable es calcular su índice de estado. Una de estas evaluaciones se puede hacer desde Pavement Índice de condición (PCI), desarrollado por el Cuerpo de Ejército de los Estados Unidos Ingenieros (USACE) en 1976. Desarrollado inicialmente solo para la evaluación de pavimentos aeroportuarios, y posteriormente en 1979 adaptado a una versión específica para la evaluación de pavimentos viales y urbanos.

De acuerdo con ASTM D6433-2018 - Práctica estándar para carreteras y estacionamientos _ acera Encuestas de Índice de Condición, es necesario seleccionar una muestra de tamaño $225 \text{ m}^2 \pm 90 \text{ m}^2$. La evaluación consiste en realizar el levantamiento de defectos, además de la cantidad y severidad de cada uno de ellos. La Tabla 1 presenta los tipos de defectos que deben ser identificados durante la aplicación del método.

Tabla 1. Defectos del pavimento asfáltico y unidad de medida para el Método PCI

Defecto	Formulario de medición	Defecto	Formulario de medición
Piel de cocodrilo	Área	Parches	Área
Exudación	Área	Agregado Pulido	Área
Grieta en bloques	Área	Ollas	Unidad
Elevaciones/asentamientos	Metro	Cruce ferroviario	Área
Corrugación	Área	Hundimiento de huella de rueda	Área
hundimiento localizado	Área	Deslizamiento de masa	Área
Grieta de borde	Metro	Grietas por deslizamiento de masas	Área
Grietas de reflexión conjunta	Metro	Hinchazón	Área
Espacio entre el pavimento y el arcén	Metro	Tener puesto	Área
Grieta longitudinal y transverso	Metro	-	-

Fuente: ASTM (2018) - Adaptado

Para calcular el índice de condición del pavimento es necesario obtener los Valores de Deducción (DV) según el tipo, severidad y extensión del defecto, que representa la influencia que tiene en la condición del pavimento, que van de 0 a 100, donde 0 significa que el defecto no afecta la condición del pavimento y 100 significa que el defecto tiene la máxima interferencia perjudicial.

Los valores de DV se obtienen con la ayuda de ábacos disponibles en ASTM D6433-2018. Sumando los DV, es posible obtener el Valor de Deducción Total (VTD) para los pisos analizados con la ayuda de la ecuación 1.

$$VTD = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_j, S_i, D_{ij}) \times F(t, q) \tag{1}$$

En que:

$a(T_j, S_i, D_{ij})$: función de pérdida de capacidad para atender tráfico, cuyas variables independientes son del tipo:

T_j : tipos de defectos;

S_i : niveles de severidad;

D_{ij} : densidades de defectos;

i : contador de tipos de defectos;

j : contador de niveles de gravedad;

p : número total de tipos de defectos;

mi : número de nivel de severidad para el tipo de defecto n ;

$F(t, q)$: factor de ajuste para reducir el efecto del exceso de tipos de defectos. (t) depende del número de funciones (a) , y (q) es el número de valores numéricos de las funciones (a) mayor que 5.

En posesión del VTD, es necesario corregirlo según el número de defectos presentes en cada sección, según el ábaco 20 de la misma norma. Por lo tanto, es posible encontrar el Monto de Deducción Corregido (VDC) y, por lo tanto, el valor de PCI resultante de la Ecuación 2.

$$PCI = 100 - VDC \quad (2)$$

A partir del valor obtenido para el PCI en el tramo analizado, el pavimento se clasifica según la Tabla 2, variando su valor de 0 (mal estado) a 100 (excelente estado).

Tabla 2. Clasificación PCI

Clasificación	valor pci
Excelente	86 – 100
Muy Bien	71 -85
Bien	56 – 70
Promedio	41 – 55
Malo	26 – 40
Muy Malo	11 - 25
Horrible	0 - 10

Fuente: Shahin (2005)

2.2 Drenaje de Pavimentos Urbanos

Según Corrêa y Dutra (2018), el sistema de drenaje puede ser entendido como el conjunto de elementos que tienen como objetivo garantizar la integridad de los caminos y su entorno, además de promover la seguridad de los usuarios. Dichos dispositivos dirigen el agua a un lugar adecuado, siendo debidamente planificados durante la construcción o restauración de una carretera (REIS, 2016).

Al referirse al sistema de drenaje urbano, es necesario entender su subdivisión en macrodrenaje y microdrenaje (RESPLANDES et al., 2021). Según el Departamento de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de São Paulo (2015), el drenaje macro puede definirse como un curso que dirige un gran volumen de agua, como ríos y arroyos. En el caso del microdrenaje, se puede considerar como la parte del sistema encargada de dirigir el agua de lluvia al macrosistema. Este se compone de elementos como canalones, arquetas, arquetas, pozos de visita y galerías.

En el caso de los pavimentos urbanos de una vía, la existencia de un sistema de microdrenaje para la conducción del agua de lluvia es fundamental, ya que es necesario mantener dicha infraestructura esencial en condiciones óptimas de funcionamiento (SOUZA, 2012).

En cuanto a la acumulación de agua, ya sea superficial o subterránea, puede ser un factor perjudicial para las carreteras. Según Lima et al. (2022), la acumulación de agua en la calzada puede perjudicar gravemente las condiciones de adherencia de la calzada, pudiendo provocar accidentes.

En el caso de las inundaciones, también es posible observar daños significativos en los pavimentos y, en consecuencia, en la población. Además del cambio en el tráfico con la reducción visible de la seguridad, el agua es capaz de infiltrarse en las capas del pavimento, reduciendo su vida útil. El agua que queda contenida en las capas, además de la proveniente del nivel freático, puede causar daños como la reducción de la capacidad de soporte de la capa de subrasante, además de hundimiento e incluso ruptura (REIS, 2016).

3. MÉTODO DE TRABAJO

Para cumplir con el objetivo propuesto por la investigación, se desarrolló la siguiente secuencia de actividades:

- i) delimitación del área de estudio;
- ii) elaboración de formularios para la recolección de datos;
- iii) levantamiento de datos sobre el estado de los pavimentos;
- iv) levantamiento de datos sobre el estado de los elementos de drenaje;
- v) análisis de la correlación entre los resultados encontrados.

Los extractos evaluados son objeto de estudio de estudiantes de grado y posgrado de la Universidad Federal de Paraíba – UFPB. Debido a la disponibilidad de una base de datos sobre los tramos en cuestión (ítem 3.1) y por ser considerado un distrito turístico de la ciudad donde la calidad de las vías debe presentarse en óptimas condiciones, se decidió evaluar la correlación entre la información.

En cuanto a los pavimentos, el levantamiento de defectos fue realizado mediante el análisis de imágenes disponibles en la base de datos utilizada, utilizando el formulario disponible en la NBR 006/2003 – PRO. Para ayudar en la etapa de cuantificación de defectos, concomitantemente con la medición, se realizó un registro fotográfico de cada defecto para poder evaluar su severidad, auxiliando en la posterior utilización de los ábacos del anexo X3 de la Norma ASTM D6433 – 18, durante la etapa de calificación.

Para obtener datos sobre el sistema de drenaje urbano superficial se realizó un levantamiento de los elementos que componían la red, adaptado del estudio de Novaes et. Alabama. (2019), a partir del llenado de los formularios elaborados con el fin de cuantificar la existencia de drenajes pluviales y cunetas, así como la calificación de sus respectivas condiciones de conservación, las cuales pueden ser buenas, regulares o pésimas.

3.1 Caracterización de los Extractos

Los tramos evaluados se distribuyeron por todo el barrio de Tambaú, en la ciudad de João Pessoa - PB. Se escogieron caminos que contaran simultáneamente con pavimento flexible y sistema de drenaje superficial. La ubicación de las secciones se muestra en la Figura 1.

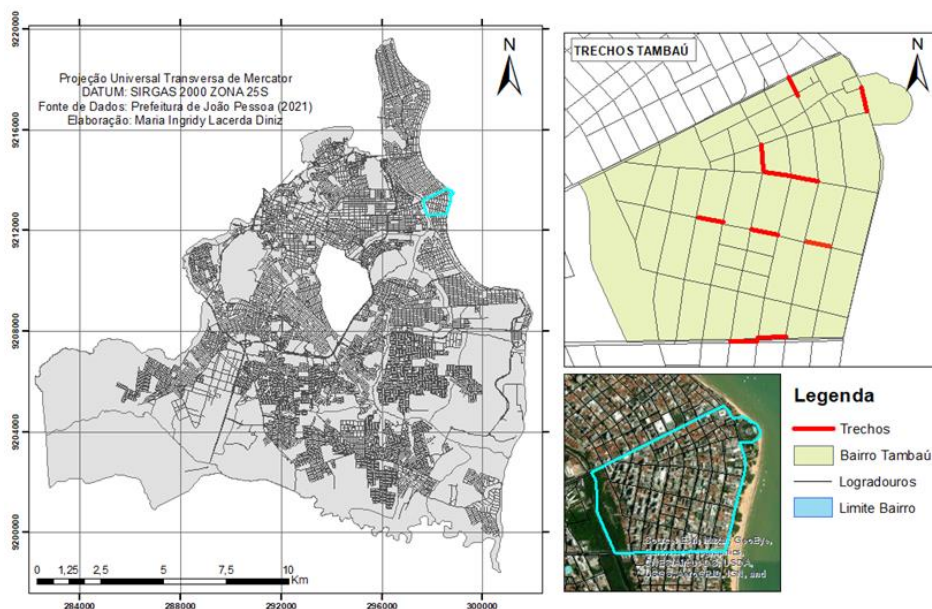


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio y Extractos

La información se puede encontrar información detallada sobre las ubicaciones de cada sección en Tabla 3. Para mantener la proporcionalidad de las muestras, todas tenían la misma longitud de 80 metros.

Tabla 3. Información sobre las Secciones

Tramo	Rango	Camino	Sentido	Límites		Longitud (m)
				Comenzar	Final	
1	Izquierda	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espacio de luz del ser	Mercado de Artesanías - Av Ruy Carneiro	80
2	Bien	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	Tambaú - Manaíra	Espacio de luz del ser	Mercado de Artesanías - Av Ruy Carneiro	
3	Izquierda	AV. negociar	Playa	R Infante Dom Henrique	AV. Prof. María Sales	
4	Bien	AV. negociar	Playa	R Infante Dom Henrique	AV. Prof. María Sales	
5	Izquierda	AV. negociar	Playa	AV. Prof. María Sales	Calle N. Sra. dos Navegantes	
6	Bien	AV. negociar	Playa	AV. Prof. María Sales	Calle N. Sra. dos Navegantes	
7	Izquierda	Calle Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Avenida negociar	AV. Olinda	
8	Bien	Calle Infante Dom Henrique	Tambaú - Manaíra	Avenida negociar	AV. Olinda	
9	Izquierda	Calle Helena Meira Lima	Centro	AV. Prof. María Sales	Calle Infante Dom Henrique	
10	Bien	Calle Helena Meira Lima	Centro	AV. Prof. María Sales	Calle Infante Dom Henrique	
11	Izquierda	Calle Helena Meira Lima	Centro	Calle Monteiro Lobato	Rua Silvino Lopes	
12	Bien	Calle Helena Meira Lima	Centro	Calle Monteiro Lobato	Antes del paso de peatones con Rua Silvino Lopes	
13	Izquierda	Calle Helena Meira Lima	Centro	AV. antonio lira	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	
14	Bien	Calle Helena Meira Lima	Centro	AV. antonio lira	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	
15	Izquierda	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Besa	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	AV. Prof. María Sales	
16	Bien	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Besa	Camino Nuestro Sra. dos Navegantes	AV. Prof. María Sales	
17	Izquierda	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Besa	AV. Manoel Cavalcante de Sousa	AV. Prof. María Sales	
18	Bien	Rua Pres. Epitacio Pessoa	Besa	AV. Manoel Cavalcante de Sousa	AV. Prof. María Sales	
19	Bien	AV. Adm. Tamandaré	Besa	AV. Olinda	Cuadrado Esto Antonio	

3.2 Análisis Estadística

Es posible comprobar la existencia de la relación, así como la intensidad, existente entre dos variables del análisis de su correlación. Para ello, se utilizó el coeficiente de Correlación de Pearson (r) presentado por la ecuación 3 (MERGH, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}} \quad (3)$$

En que:

n: número de pares de observaciones;

X_i: observación i de la variable X;

Y_i: observación i de la variable Y;

\bar{X} : promedio de los valores de X;

\bar{Y} : promedio de los valores de Y.

De acuerdo con Francisco & Dantas Neto (2021), es posible tomar descansos para ayudar con interpretación de los resultados de r, tal como se presentan en tabla 4.

Tabla 4. Interpretación de los Valores del Coeficiente de Correlación (r)

Coeficientes de correlación de Pearson (r)	Tipos de Correlaciones
r=1	Perfecto positivo
0,8 ≤ r < 1	Fuerte positivo
0,5 ≤ r < 0,8	Positivo moderado
0,1 ≤ r < 0,5	Positivo débil
0 < r < 0,1	Íntimo Positivo
0	Nulo
0.1 < r < 0	Negativo íntimo
-0,5 < r ≤ -0,1	Negativo débil
-0,8 < r ≤ - 0,5	Negativo Moderado
-1 < r ≤ - 0,8	Fuerte negativo
r = -1	Perfecto negativo

Fuente: Francisco & Dantas Neto (2021) Adaptado

Para el análisis en cuestión, el valor PCI, debido a su metodología de cálculo presente más grande exactitud de la cuantificación real del estado de condición del elemento evaluado (piso), será considerada con variable independiente (X). Las variables dependientes serán por tanto los pozos de visita (Y₁) y los canalones (Y₂).

ayudar en análisis estadística, se realizó la prueba estadística de hipótesis para conocer la diferencia entre las medias obtenido. En este caso, se determinará lo siguiente hipótesis:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (4)$$

$$H_A: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (5)$$

En que:

H₀: Hipótesis nula;

H_A: Hipótesis alternativa;

μ₁ y μ₂: Promedios de las poblaciones 1 y 2, respectivamente (Siendo la población relacionada

con los pavimentos y la población 2 cada uno de los elementos de drenaje a la vez).

En ese estudio, el caso considerado fue el de datos no apareados, con desviaciones estándar de la población conocido, dando como resultado dos comparaciones de medias. El procedimiento consiste en contrastar las diferencias de medias entre las poblaciones, adoptando el orden de 0,5 con base en el estudio de Medeiros *et al.* (2017). Luego, el análisis verifica lo siguiente hipótesis:

$$H_0: \mu_d = 0,5 \quad (6)$$

$$H_A: \mu_d > 0,5 \quad (7)$$

En que:

μ_d : Diferencia de medias entre poblaciones.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estado del suelo

El levantamiento de los defectos encontrados en los pavimentos se muestra en la Tabla 5. Los defectos de fisuración de bloque, elevación y asentamiento, corrugación, fisuración de reflexión de juntas, desnivel del pavimento/pendiente lateral, cruce de ferrocarril, deslizamiento de masa, fisuración por deslizamiento e hinchamiento fueron no encontrados durante la encuesta, por lo que no se cuantifican los defectos antes mencionados en la Tabla 5.

Tabla 5. Cuantificación de Defectos de Pavimento

Tr.	TF	E	AL	TB	TLV	R	AP	P	TR	D
	Superficie [m ²]	Superficie [m ²]	Superficie [m ²]	Metro	Metro	Superficie [m ²]	Superficie [m ²]	Elementos.	Superficie [m ²]	Superficie [m ²]
1	-	-	-	12	143	5	-	-	-	50
2	88	-	-	-	90	dos	-	-	15	200
3	59	-	0.5	42	46		-	1	-	210
4	79	-		38.7	42	11.25	-	-	-	220
5	-	-	-	-	43	4.25	-	-	-	38
6	-	-	-	-	21		-	1	-	26
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
8	-	-	-	-	35	-	-	-	-	13
9	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	46
10	-	-	-	-	-	4.5	-	-	-	61
11	-	-	-	-	-	dos	-	-	-	9
12	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	19
13	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
15	-	-	-	-	49	-	-	-	-	73
16	32	-	-	-	-	-	dos	-	-	54
17	-	-	-	-	6	-	-	-	-	80
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15

Leyenda: TLV: Grieta longitudinal y transversal, TF: Grieta por fatiga, E: Exudación, AL: Hundimiento localizado, TB: Grieta en el borde, R: Parche, AP: Agregado pulido, P: Cucharón, TR: Huella de rueda, D: Desgaste.

A partir de la evaluación del levantamiento de defectos de las secciones, se es posible señalar que el defecto con desgaste fue el mayor registro, apareciendo en casi todas las localidades evaluadas, con excepción de la Sección 13.

Gran parte de las grietas presentadas pueden haber sido causadas por la reflexión de las grietas en la base de los paralelepípedos. Es importante resaltar que no él era posible adquirir la información con el Ayuntamiento sobre qué pavimentos flexibles evaluados tenían o No este tipo de base en paralelo. la observación este factor solo era posible cuando la base era expuesta debido a algunos defectos del piso.

de acuerdo con Bernucci *et al.* (2008), estas grietas también pueden ser causado por demasiado, como la acción de cargas de tráfico repetitivas, la acción del clima (gradientes térmicos), la posible envejecimiento del ligante y pérdida de flexibilidad, compactación ineficiente del revestimiento, deficiencia en el contenido de ligante asfáltico, subdimensionamiento, asentamientos diferenciales, entre otros.

Después de pesar el área afectada según lo determinado por la norma ASTM D6433/2018, fue posible calcular el estado de los pavimentos a partir del PCI. Los valores del índice para cada tramo, así como la respectiva clasificación, se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de la condición de los pavimentos por el método PCI

Tramo	PCI	Clasificación
1	56	Bien
2	20	Muy malo
3	37	Malo
4	50	Promedio
5	81	Muy Malo
6	74	Muy Bien
7	98	Excelente
8	88	Excelente
9	92	Excelente
10	89	Excelente
11	94	Excelente
12	95	Excelente
13	99	Excelente
14	94	Excelente
15	62	Bien
16	64	Bien
17	83	Muy Bien
18	80	Muy Bien
19	85	Muy Bien

4.2 Estado de los Elementos de Drenaje

Se observó la existencia y condiciones de los elementos de drenaje (bocas y cunetas) en los tramos evaluados. La información sobre los elementos se puede encontrar en Cuadro 7. Se constató la ausencia de ambos elementos en los extractos 15 y 17. presencia concomitante de los elementos en la mayoría de los tramos evaluados, con excepción de la sección 4, que no presentaba bocas de lobo en el su extensión, sin embargo contado con presencia de cuneta.

Tabla 7. Cuantificación y Calificación de Elementos de Drenaje

Tramo	Cuantificación de Elementos		Calificación de Elementos					
			Boca de lobo			Canal		
	Boca de lobo	Canal	Bien	Regular	Horrible	Bien	Regular	Horrible
1	3	Sí	X	-	-	-	-	X
2	2	Sí	-	X	-	-	X	-
3	1	Sí	X	-	-	-	X	-
4	0	Sí	-	-	-	-	X	-
5	1	Sí	X	-	-	-	X	-
6	1	Sí	X	-	-	-	X	-
7	2	Sí	-	-	X	-	X	-
8	2	Sí	--	X	-	-	X	-
9	1	Sí	X	-	-	X	-	-
10	1	Sí	X	-	-	X	-	-
11	1	Sí	X	-	-	X	-	-
12	1	Sí	X	-	-	X	-	-
13	1	Sí	-	X	-	X	-	-
14	1	Sí	X	-	-	X	-	-
15	0	No	-	-	-	-	-	-
16	1	Sí	X	-	-	-	X	-
17	0	No	-	-	-	-	-	-
18	1	Sí	-	-	X	-	X	-
19	1	Sí	X	-	-	-	X	-

de acuerdo con la tabla 7, secciones 1, 2, 7 y 8 presentadas más de una boca de acceso a evaluar. En este caso, solo una calificación él era hecho en la columna de calificación del elemento, ya que todas las alcantarillas de un mismo tramo tenían la misma condición, como los tramos 2 y 8, que tenían dos pozos cada uno, y ambas piezas estaban en regular estado.

Él era posible comprobar que la mayoría de las alcantarillas de los tramos, sumando un total de 57.9%, en forma en buen estado.

En cuanto al estado de las canaletas, solo el tramo 1 presentó las condiciones mal. Entonces, incluso si la sección tiene presentó 3 alcantarillas, el estado de la cuneta posiblemente impide el direccionamiento de agua hacia ellos, lo que interfiere con el funcionamiento del sistema. Los demás tramos tenían las canaletas en regular (52,6%) o buenas (31,6%) condiciones.

4.3 Correlación entre la Condición del Pavimento y los Elementos de Drenaje

La Tabla 8 presenta la comparación entre los índices encontrados para la condición de cada elemento evaluado. Para permitir la comparación entre los datos, adaptados de Silva, Diniz y Melo (2020), los valores de PCI se dividieron por 25 (veinticinco) y se convirtieron a la misma escala que la condición de las canaletas y alcantarillas, o, es decir, valores entre 0 y 4.

Tabla 8. Comparación entre índices de condición de los elementos evaluados

Tramo	Valores			Clasificación de condición		
	PCI (Pisos)	bocas de lobo	Canal	PCI (Pisos)	bocas de lobo	Canal
1	2.24	3	1	Bien	Bien	Horrible
2	0.8	2	2	Muy Malo	Regular	Regular
3	1.48	3	2	Malo	Bien	Regular
4	2	0	2	Promedio	no existe	Regular
5	3.24	3	2	Muy Malo	Bien	Regular
6	2.96	3	2	Muy Bien	Bien	Regular
7	3.92	1	2	Excelente	Horrible	Regular
8	3.52	2	2	Excelente	Regular	Regular
9	3.68	3	3	Excelente	Bien	Bien
10	3.56	3	3	Excelente	Bien	Bien
11	3.76	3	3	Excelente	Bien	Bien
12	3.8	3	3	Excelente	Bien	Bien
13	3.96	2	3	Excelente	Regular	Bien
14	3.76	3	3	Excelente	Bien	Bien
15	2.48	0	0	Bien	no existe	No existe
16	2.56	3	2	Bien	Bien	Regular
17	3.32	0	0	Muy Bien	no existe	No existe
18	3.2	1	2	Muy Bien	Horrible	Regular
19	3.4	3	2	Muy Bien	Bien	Regular

De la tabla 5 se observa que en 5 tramos (9, 10, 11, 12 y 14) el estado de todos los elementos evaluados fue máximo, siendo “excelente” para los pavimentos y “bueno” para los desagües pluviales y cunetas. Sin embargo, aunque lo mejor evaluación del piso también se ha conseguido en los tramos 7, 8 y 13, el estado de los elementos de drenaje no alcanzó la misma clasificación, variando entre “regular” y “terrible”.

Es necesario resaltar la situación, presentados por los extractos 15 y 17, que, aun sin ninguno de los elementos de drenaje evaluados en la investigación presentes en las carreteras, el pavimento se presentó en condiciones aceptable para los usuarios, con el segundo mejor clasificación en la escala presentada anteriormente en Tabla 2. Este resultado entra en conflicto en el sentido en que se sugiere que para un bien funcionamiento de las carreteras es necesaria la dirección cantidad adecuada de agua presente en la superficie del pavimento.

La Tabla 9 presenta los valores promedio, desviación patrón y varianza de los resultados encontrados para cada elemento evaluado. la desviación estándar se consideró del tipo de muestreo (n-1).

Tabla 9. Media y Desviación Índices de condición de elemento estándar

Elemento	Promedio (μ)	Desvío Estándar muestra (σ)	diferencia (σ^2)
Pisos (PCI)	3.03	0.89	0.79
bocas de lobo	2.16	1.17	1.37
canalones	2.05	0.91	0.82

Es posible observar que para los tres elementos evaluados (Tabla 9), la desviación estándar fue alto, lo que indica una alta dispersión entre los valores recolectados en el campo. También él era Se realiza una comparación entre los elementos en base a la diferencia entre los promedios de los resultados de cada evaluación para verificar la hipótesis nula previamente determinada que se presenta en Tabla 10.

Tabla 10. Diferencia de Medias y Análisis de Hipótesis Nula _

Análisis	diferencia de medias (μd) _	hipótesis nula (H_0)
Pavimentos x Bocas de Lobo	0.88	rechazate a ti mismo
Pisos x Canaletas	0.98	rechazate a ti mismo

Es posible registrarse (Tabla 10), Rechazo de la hipótesis nula en ambos análisis realizados, ya que se presentó la diferencia entre los elementos evaluados por encima de 0,5. Por lo tanto, los valores encontrados no pueden considerarse aceptable para la correlación entre los elementos. Todavía para evaluar el nivel de correlación, el análisis se realizó por separado para cada elemento de drenaje combinado con el índice de condición del pavimento, o, es decir, se verificó la correlación entre la condición de los pavimentos y los desagües pluviales, y luego la correlación entre los pavimentos y las cunetas. Los resultados encontrados se presentan en Tabla 11.

Tabla 11. Coeficientes de correlación y determinación de Pearson

Combinación	Coefficiente de correlación (R)	Coefficiente de Determinación (r^2)
Pavimentos x Bocas de Lobo	0.14	0.02
Pisos x Canaletas	0.39	0.15

De la Tabla 11, es posible verificar que ambas correlaciones estuvieron dentro del intervalo de $0.1 \leq r \leq 0.5$, siendo por lo tanto considerado como débil y positivo. Sin embargo, es necesario señalar que la comparación con la interpretación de Francisco y Dantas Neto (2021) se considera arbitraria, ya que los valores no tener en cuenta el contexto del estudio.

Aunque los resultados no mostrar un comportamiento claro de Ecuación de tercer grado, en un intento de mejorar el valor de r^2 , una regresión polinomial de grado 3 para ambos análisis. De la Figura 2, es posible observar la dispersión entre la condición de los pavimentos relacionada con la condición de las alcantarillas (Figura 2-A) y cunetas (Figura 2-B), respectivamente.

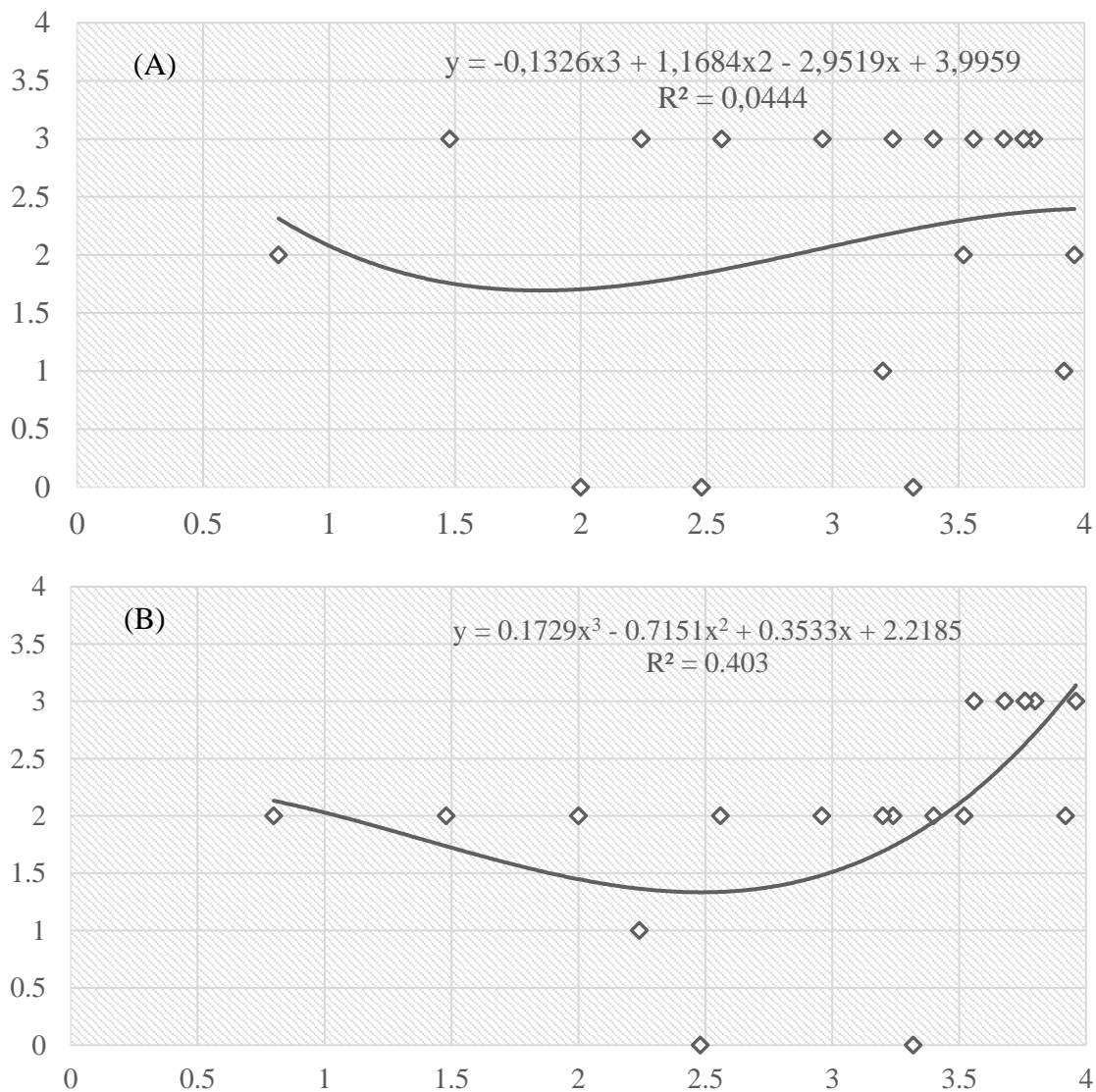


Figura 2. Regresión polinomial: A) Pisos x Canaletas, B) Pisos x Canaletas

Del análisis de los resultados es posible comprobar que por primera verificación (Figura 2-A) se presenta la dispersión de datos con exactitud bajo, en el que el intento de ajuste polinomial de la curva no resultó ser adecuado, con un valor de $r^2 < 0,1$, considerado bajo. En el segundo caso (Figura 2-B), los resultados mostraron mejor exactitud en comparación con el primero análisis. En el caso del ajuste de curvas, el resultado mostró comportamiento medianamente satisfactorio, logrando un $r^2 = 0,4$.

5. CONSIDERACIONES FINALES

A partir del levantamiento bibliográfico, los elementos de drenaje fueron presentados como criterios primordiales para el buen desempeño de los pavimentos, y, aunque la evaluación estadística ha mostrado una débil correlación entre el estado de los pavimentos y los elementos de drenaje evaluados, es necesario resaltar la nivel de complejidad de los elementos viales urbanos, tales como la presencia de otros sistemas de infraestructura (distribución de agua, alcantarillado, energía, gas, etc.), uso, frecuencia de mantenimiento correctivo, existencia de mantenimiento preventivo, entre otros.

En cuanto al estado de la infraestructura analizada, los datos recabados y evaluados presentan un panorama completo de la evaluación de la situación, ya que para cada elemento se encontraron todo tipo de condiciones existentes en los formularios de evaluación, desde sistemas considerados en buen estado hasta aquellos clasificada como la peor condición. Por lo tanto, esta representación holística de los sistemas de infraestructura podría proporcionar combinaciones de situaciones para ejemplificar la necesidad y la importancia de monitorear la condición de los elementos.

La indicación de la severidad, alcance y extensión resultó adecuada al contexto de la obra, sin embargo, para hacerlo aún más coherente con la realidad registrada, se recomienda calcular el estado de los pavimentos por otros métodos, tales como como angustia Índice de Manifestación Nivel Red (DMINL, 2010) y Pavimento Urbano Índice de Estado (UPCI, 2015), además de relevar el estado de otros elementos presentes en la vía que puedan influir en el estado de los pavimentos. Si bien no fue objetivo de la investigación sugerir propuestas de mantenimiento de los elementos evaluados, la clasificación de niveles de severidad junto con la integración de los datos de los elementos, se presentó como un instrumento viable para planificar y señalar prioridades de intervención en la viales, así como evaluaciones de aceptabilidad del estado de funcionalidad y utilidad de los elementos, pudiendo así establecer metas para posibles intervenciones de mantenimiento por parte de los organismos responsables.

6. REFERENCIAS

- ASTM International. (2018), *ASTM D6433-18, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surve*. DOI: <https://doi.org/10.1520/D6433-18>
- Bernucci, L. B., et al. (2008), *“Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros.”* 1ºed. Programa Asfalto nas Universidades, Petrobras Distribuidora S.A.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2003). *NORMA 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Rio de Janeiro: DNIT.
- Francisco, M. R. P., Dantas Neto, J. (2021), *A282 Água: uso racional e sustentável*. 113 f.: il. color. Campina Grande: EPTEC.
- Lima, W. A. S., Sousa, J. P., Matos, O. S., Silva, F. G. S., Oliveira, M. M., Pacheco, G. V. (2022), *Sistemas de drenagem: a importância para a infraestrutura do transporte rodoviário brasileiro*. *Brazilian Road Transport Infrastructure*, v.8, n.3, p. 17813-17831. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-153>
- Medeiros, R. S., Albuquerque, T. P., Morais, L. M. B., Araújo, L. G. C., Melo, R. A. (2018), *“Avaliação Das Condições De Conservação De Pavimentos, Drenagem E Calçadas Em Vias Da Cidade De João Pessoa.”* 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, p. 1297–1308.
- Mergh, L. S. (2019), *“Análise de Indicadores da Gestão de Produção em Obras Corporativas”*, Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Novaes, M. P., Carvalho, M. B., Silva, D. C., Rodrigues, H. S., Amorim, M. C. C. (2019), *Avaliação das condições de infraestrutura em drenagem pluvial urbana no município de Curaçá-BA*. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25043-25048. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-178>
- Oliveira, T. S., Anjos, J. S., Ribeiro, S. E., Oliveira, D. M. (2022), *Análise Descritiva e de Correlação dos Indicadores de Desempenho: Custo, Prazo E Ritmo*. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. V. 14, Nº. 1, 2022. ISSN 2176-7270

- Pires, J. C. M., Mendes, A. T. (2021), *Manifestações patológicas em pavimentação asfáltica: estudo de caso na TO-050, no trecho do anel viário em Porto Nacional/TO*. Engineering Sciences, v.9, n.1, p.28-39. <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0004>
- Resplandes, I. S., Toledo, F. R. S., Resplandes, H. D. de A., Santos, W. S., Borges, K., Carvalho, C. M. (2021). *Ausência de sistemas de drenagem urbana nos pavimentos de Santana do Araguaia-PA e seus impactos*. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 7(1), 12111–01. <https://doi.org/10.18540/jcecvl7iss1pp12111-01-09e>
- Silva, A. N. A., Diniz, M. I L., Melo., R. A. (2020). “*Avaliação das condições do pavimento em vias urbanas na cidade de João pessoa/PB: uma comparação entre índices*” in: 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET. Anais do 34º ANPET - Infraestruturas.