



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias Económicas y Empresariales
Artículo de Investigación

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

Deflectometric evaluation in flexible pavements using the benkelman beam for Manabí conditions

Avaliação deflectométrica em pavimentos flexíveis utilizando a viga Benkelman para condições de Manabí

Roberto Xavier Triviño Molina ^I
rtvino5957@utm.edu.ex
<https://orcid.org/0002-6949-9570>

Reynier Moll Martínez ^{II}
reymoll@civil.cujae.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-6678-0017>

Correspondencia: reymoll@civil.cujae.edu.cu

***Recibido:** 29 de junio del 2022 ***Aceptado:** 12 de julio de 2022 * **Publicado:** 08 de agosto de 2022

- I. Maestría en Ingeniería Civil-Mención en Vialidad, Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Doctor en Ciencias Técnicas, Ingeniero Civil, Profesor Titular de la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Cuba.

Resumen

La evaluación estructural en pavimentos flexibles empleando la viga Benkelman, se realiza con la finalidad de conocer su estado y posteriormente ejecutar mantenimiento o rehabilitación en ellos. En la provincia de Manabí existe un sistema vial importante, que comunica a las poblaciones internas, las cuales actualmente presentan deterioros por lo que este artículo tiene como objetivo principal evaluar estructuralmente pavimentos flexibles mediante el análisis de deflexiones obtenidas con la viga Benkelman para la provincia de Manabí. La investigación se basa en el enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y transeccional. La población está conformada por la vía Portoviejo – Santa Ana, y la muestra por el tramo Colón – Lodana. Luego de realizar la evaluación deflectométrica en la muestra seleccionada resultó que el tipo de deflexión es tipo III, es decir, una curva corta y poco profunda por lo que se interpreta que la vía presenta mal estado del pavimento pero buena subrasante. A partir de aplicar el método CONREVIAL, y de la norma INV E – 795 – 13, se obtuvo que la deflexión característica en la carpeta asfáltica fue menor a la deflexión admisible ($D < D_{adm}$), siendo favorables para los resultados, por lo tanto, no existen fallas de origen estructural de la subrasante en el tramo estudiado.

Palabras Claves: deflexión; viga Benkelman; radios de curvatura; pavimento flexible; evaluación estructural.

Abstract

The structural evaluation in flexible pavements using the Benkelman beam is carried out in order to know their condition and subsequently carry out maintenance or rehabilitation on them. In the province of Manabí there is an important road system, which communicates with the internal populations, which currently show deterioration, so this article's main objective is to structurally evaluate flexible pavements through the analysis of deflections obtained with the Benkelman beam for the province of Manabí. Manabi. The research is based on the quantitative approach, non-experimental and transectional design. The population is made up of the Portoviejo – Santa Ana road, and the sample is made up of the Colón – Lodana section. After carrying out the deflectometric evaluation in the selected sample, it turned out that the type of deflection is type III, that is, a short and shallow curve, so it is interpreted that the road has poor pavement condition but good subgrade. From applying the CONREVIAL method, and the INV E - 795 - 13 standard, it was obtained that the characteristic deflection in the asphalt layer was less than the admissible deflection ($D < D_{adm}$), being

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

favorable for the results, therefore , there are no faults of structural origin of the subgrade in the section studied.

Keywords: deflection; Benkelman beam; radii of curvature; flexible pavement; structural evaluation.

Resumo

A avaliação estrutural em pavimentos flexíveis utilizando a viga Benkelman é realizada com o objetivo de conhecer o seu estado e posteriormente realizar a manutenção ou reabilitação dos mesmos. Na província de Manabí existe um importante sistema viário, que se comunica com as populações internas, que atualmente apresentam deterioração, por isso o objetivo principal deste artigo é avaliar estruturalmente os pavimentos flexíveis através da análise das flechas obtidas com a viga Benkelman para a província de Manabí .Manabi. A pesquisa é baseada na abordagem quantitativa, não experimental e delineamento transeccional. A população é composta pela estrada Portoviejo – Santa Ana, e a amostra é composta pelo trecho Colón – Lodana. Após realizar a avaliação deflectométrica na amostra selecionada, verificou-se que o tipo de deflexão é do tipo III, ou seja, uma curva curta e rasa, portanto, interpreta-se que a estrada apresenta más condições de pavimentação, mas bom subleito. A partir da aplicação do método CONREVIAl, e da norma INV E - 795 - 13, obteve-se que a deflexão característica na camada asfáltica foi menor que a deflexão admissível ($D < D_{adm}$), sendo favorável para os resultados, portanto, não há falhas de origem estrutural do subleito no trecho estudado.

Palavras-chave: deflexão; Feixe de Benkelman; raios de curvatura; pavimento flexível; avaliação estrutural.

Introducción

En una red vial de mucho tráfico, es indispensable que el tipo de construcción del pavimento sea el flexible, la cual consiste en una estructura constituida por diferentes capas de materiales asfálticos, que debe resistir cargas vivas como las vehiculares u otro tipo, además de que su superficie debe ser de rodadura uniforme, antideslizante, impermeable, y duradera ante la intemperie y el medio ambiente.

No obstante, en un pavimento ya existente se deben realizar evaluaciones periódicas que consistan en la valoración de la capacidad portante de la estructura del pavimento, para medir la cantidad que necesita ser rehabilitada. Martínez (2015), indica que para mantener las estructuras viales por más

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

tiempo es indispensable la intervención de acciones de mantenimiento y rehabilitación para evitar en gran medida su deterioro con el paso del tiempo y del tránsito que circula. Este mismo autor revela que, entre las causas de las fallas prematuras de los pavimentos están: deficiencias de diseño, defectos constructivos, aumentos inesperados en el tránsito vehicular, elementos ambientales desfavorables y debilidad del periodo de diseño.

El primer paso para un mantenimiento vial, es realizar una evaluación estructural de las condiciones del pavimento. Silva (2019), define la evaluación estructural de pavimentos como “la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para cuantificar y establecer las necesidades de refuerzo” (p.50).

Para determinar las condiciones estructurales de una vialidad, existen dos métodos, que incluyen ensayos Destructivos y No Destructivos. Meza (2017), explica que los ensayos destructivos son aquellos que alteran el pavimento, ya que se deben tomar muestras en el suelo de fundación, subbase, base y asfalto por medio de calicatas para establecer ciertas características estructurales de cada uno de los materiales para hacer una evaluación completa de la vía. Pero este método de medición altera el equilibrio del sistema pavimento-subrasante. Explican Ávila et al. (2015), que actualmente existen nuevas tecnologías que emplean instrumentos de última generación que usan técnicas para ensayos de alto rendimiento para explorar sin destruir las vías, estos se denominan ensayos no destructivos. El método no destructivo, es muy sencillo y factible que se utiliza para determinar la capacidad estructural del pavimento flexible, consiste en suministrar una carga a una extensión de rodamiento y medir las deflexiones. Massenlli y de Paiva (2019), explican que la deflexión es uno de los “criterios de degradación estructural más utilizados para controlar la resistencia a la fatiga del pavimento” (p.618).

Por consiguiente, uno de los equipos no destructivos simples y versátiles de medición de deflexiones ante una carga estática es la viga Benkelman. Según Balarezo-Zapata (2017), es un instrumento que se emplea en la evaluación estructural, para estimar deflexiones a nivel de superficie cada cierta distancia. Entre las ventajas de usar esta herramienta se encuentran que el equipo es de bajo coste, la simplicidad en su aplicación y ha sido utilizado y reconocido en Ecuador. No obstante, también posee diversos inconvenientes como: necesitan de un trabajo intensivo y el ensayo es lento para vías de mucha longitud. La viga Benkelman, manifiestan Escobar et al. (2007), actúa de acuerdo al principio de la palanca. Es una herramienta totalmente mecánica y con un diseño simple.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

En otro orden de ideas, en la provincia de Manabí existe un sistema vial, que se clasifica en estatal, provincial y cantonal, integrándose a la red nacional. Entre la vialidad provincial se encuentran: Portoviejo-Santa Ana, Santa Ana-Olmedo, Santa Ana-Ayacucho-Poza Honda, Lodana-Sucre, Noboa-Paján, Jipijapa-Noboa, Colimes-Paján, Km. 95-Severino, la Pila Guayabal, Portoviejo-Picoazá-Empalme-Manta-Rocafuerte, Manta-Jaramijó, Colón-Quimís, Los Bajos-Montecristi, San Mateo-Santa Marianita, Portoviejo-San Ignacio, la Margarita-San Agustín, Calceta-Tosagua, Calceta-Quiroga-Presa La Esperanza, San Vicente-San Isidro, El Carmen-La Bramadora, Chone-Boyacá, San Antonio-Los Bravos, Crucita-Empalme Manta-Rocafuerte, Higuerón-Charapotó; todas estas vías se encuentran pavimentadas con asfalto (Gobierno Provincial de Manabí, 2016).

En esta investigación, se realiza una evaluación deflectométrica utilizando la viga Benkelman en la vía Portoviejo-Santa Ana, específicamente en el tramo Colón – Lodana, como se muestra en la figura 1. Este tramo fue escogido por la magnitud de los deterioros que presenta el pavimento flexible, lo que permite demostrar la viabilidad de utilizar el análisis deflectométrico como método para evaluar la capacidad estructural de las vías en la provincia de Manabí.



Figura 1. Vía Portoviejo-Santa Ana, tramo Colón – Lodana

Fuente: Google Maps, 2022.

Metodología

El presente artículo posee un enfoque cuantitativo, debido a que el proceso de investigación es secuencial, la realidad es objetiva, su método es deductivo y sus resultados son probatorios (Hernández y Mendoza, 2018). Por consiguiente, el diseño es no experimental y transeccional. Según estos autores, es una investigación que se ejecuta sin manipular deliberadamente ninguna variable y donde la recolección de datos se realiza en un momento único de tiempo.

La población está compuesta por la vía Portoviejo – Santa Ana, y la muestra está conformada por el tramo Colón – Lodana. Para dicho estudio se utilizó un deflectómetro viga Benkelman, que se encuentra bajo la custodia del Departamento de Estudios del Transporte Zonal 4 (ver figura 2). Para determinar la condición estructural actual del pavimento se siguió la metodología AASHTO 1993 (1997).



Figura 2. Toma de lectura con el deflectómetro viga Benkelman

Fuente: Triviño, 2022.

Para la recolección de datos se ha estipulado establecer dos (2) tramos de calzada. El tramo 1 de estudio de la vía Santa Ana- Poza Honda, comprendido de 8,200 Km (Tabla 1).

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

Tabla 1. Tramos del corredor vial Santa Ana-Poza Onda

Vía Colon – Lodana 6+000 – 14+200 (Cada 200 m)			
TRAMO 1	C/200M	Santa Ana	Poza Honda
		6+000	14+200

Fuente: Triviño, 2022.

La evaluación estructural se efectuó con el Deflectómetro de Impacto Dinámico FWD, y los puntos de referencia geográfica donde se ejecutaron los ensayos fueron ubicados mediante GPS, esto con el fin de realizar mediciones a la fecha en los mismos sitios. Para el estudio se usó el carril derecho de la vía, y se dividió en tramos promedio de 200 m, desde la abscisa 6+001 hasta 14+200, con una carga de 8.49 T, pesados desde los 2/3 del eje posterior hacia adelante, se hicieron dos mediciones en cada prueba para determinar la deflexión máxima y a 25 cm para determinar el Radio de Curvatura, de manera que se ejecutaron un total de 42 ensayos.

Del tramo de estudio de la vía Portoviejo-Santa Ana de pavimento asfáltico, se tomó una muestra comprendida de 1 Km, ubicada dentro del tramo de estudio de la medición 1. Para la investigación se utilizó el carril derecho de la vía, y se dividió en tramos promedio cada 20 m, desde la abscisa 6+001 hasta 7+000 (Tabla 2), con una carga de 8.44 T, pesados desde los 2/3 del eje posterior hacia adelante, se hicieron dos mediciones en cada prueba para determinar la deflexión máxima y a 25 cm para determinar el Radio de Curvatura, de manera que se ejecutaron un total de 51 ensayos.

Tabla 2. Tramos del Corredor vial: Portoviejo-Santa Ana

Vía Colon – Lodana 6+000 – 7+000 (Cada 20 m)			
TRAMO 2	C/20M	Portoviejo	Santa Ana
		6+000	7+000

Fuente: Triviño, 2022.

Como se observó en la tabla 1 y 2, se tomaron dentro del mismo recorrido, dos tipos de frecuencia de medición, esto se realiza para tener una visión en conjunto del ensayo a nivel general y a nivel detallado del estudio. En la tabla 3, se muestra la frecuencia en que se deben hacer los ensayos y el número mínimo de pruebas de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

Tabla 3. Frecuencia de medición según la Norma INV E – 795 – 13

Tipo de Ensayo	Frecuencia	Número mínimo
A nivel de red	Cada (200 – 500m)	7
A nivel general de proyecto	Cada (50 – 200m)	15
A nivel detallado de proyecto	Cada (10 – 50m)	/

Fuente: INVIAS (2012),

Para el procedimiento a seguir para la determinación de la deflexión elástica recuperada de un pavimento asfáltico empleando la viga Benkelman, se cumple siguiendo la Norma INV E – 795 – 13. De acuerdo a INVIAS (2012), este “ensayo permite determinar la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento bajo la acción de una carga normalizada, transmitida por medio de las ruedas gemelas de un eje simple tipo, pero no permite obtener el cuenco de deflexión” (p. 2).

Se diseñó un formato donde se recolectaron los datos, haciéndolo lo más específico posible para cada tramo, indicado los datos generales, el número de pruebas, la progresiva, el lado del carril, el espesor y la temperatura del pavimento, además de la temperatura ambiental. Para proceder a tomar las lecturas de campo de acuerdo a las especificaciones técnicas y los datos por clima y temperatura fueron procesados según lo recomendado en la Guía de Diseño AASHTO 1993. En la figura 3, muestra el formato empleado para la recolección de datos.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL VIA PORTOVIEJO-LODANA														
ENTIDAD : INSTITUTO DE POST GRADO UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ														
MAESTRÍA : Maestría en Ingeniería Civil Mención en Vialidad														
TUTOR : Ing. Pablo Trujillo														
TÉCNICO Ing. Xavier Triviño Molina														
DEFLEXIONES SUPERFICIE CARPETA ASFÁLTICA														
EQUIPO : VIGA BENKELMAN				SEPARACIÓN: C/20 metros										
FECHA : Marzo de 2022				TRAMO: 6+000,00		al		7+000,00						
RELACIÓN DE VIGA: 4 EN 1														
DATOS DE CAMPO														
Nº	PROGR. Km.	LADO	e c.a cm.	Temp Pav °C	Temp Amb. °C	LECTURA DE CAMPO						DEFLEXIONES		RA CUI (ci)
						E ⁻² mm						E ⁻² mm		
						L1	L2	L MAX.	L1	L2	L25	D MAX.	D25	
1	6+000,00	DER	17,5	33,5	28,0									
2	6+020,00	DER	17,5	33,5	28,0									
3	6+040,00	DER	17,5	33,5	28,0									
4	6+060,00	DER	17,5	33,5	28,0									
5	6+080,00	DER	17,5	33,5	28,0									
6	6+100,00	DER	17,5	35,6	28,0									
7	6+120,00	DER	17,5	35,6	28,0									
8	6+140,00	DER	17,5	35,6	28,0									

Figura 3. Formato para la medición de las deflexiones de un pavimento asfáltico utilizando la viga Benkelman.

Fuente: Triviño, 2022.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

Luego de la toma de muestras en campo, se procede a los cálculos de la deflexión de acuerdo a la normativa vigente. Para ello hay que tomar en consideración si la diferencia de la lectura final (F) y la lectura intermedia (I), es menor o igual a 0,03 mm. La deflexión a la temperatura de pavimento (T) se calcula mediante la fórmula:

$$D_t = 2 (F - Li) \quad \text{Ecuación 1}$$

En cambio, si la diferencia entre estas lecturas es mayor a 0,03 milímetros, se procede con la siguiente ecuación:

$$D_t = 2 (F - Li) + 5.82 (F - I) \quad \text{Ecuación 2}$$

Tomando en consideración que la temperatura es un factor del clima que perjudica las deflexiones en el pavimento flexible; Carrasco y Vizñay (2019) manifiestan que temperaturas elevadas inducen que el asfalto se ablande acrecentando la deflexión. Por lo que hay que hacer una rectificación en las deflexiones adquiridas a cierta temperatura en la superficie de la vía (D_t), el procedimiento explica que se debe tomar una temperatura estándar de 20° C. En la ecuación 3, se aprecia la ecuación a utilizar:

$$D_{20} = \frac{D_t}{\left[1 * 10^{-3} * \frac{1}{cm^{\circ}C} * e * (T - 20^{\circ}C) \right] + 1} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

D_t , es la deflexión corregida por temperatura

e, es el espesor de la carpeta asfáltica en cm

T, la temperatura interna del pavimento en grados Celsius.

El Radio de Curvatura se determina empleando la metodología del Consorcio de Rehabilitación Vial - CONREVIAl (1983), que aplica la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{10x(25)^2}{2x(D_0 - D_{25})} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

Rc: Radio de curvatura.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

D_0 : Deflexión recuperable en el eje vertical de carga, en centésimas de milímetro ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$).

D_{25} : Deflexión recuperable a 25 centímetros del eje vertical de carga, en centésimas de milímetro ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$).

En la metodología de la viga Benkelman de CONREVIAL (1983), existen valores particulares de deflexiones en el pavimento flexible, como las deflexiones medidas en los ensayos y la rigidez relativa existente en un pavimento y la subrasante, por lo que se pueden generar cuatro (4) tipo de deflexiones entre la curva de deflexiones y el sistema pavimento-subrasante, como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura.

Tipo de Deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
I	Bueno $D < D_a$	Bueno $R_o > 100$
II	Malo $D > D_a$	Bueno $R_o > 100$
III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100$
IV	Malo $D > D_a$	Malo $R_o < 100$

Fuente: CONREVIAL (1983).

Resultados y Discusión

En la inspección visual realizada en el tramo Colón - Lodana, el pavimento flexible presenta un deterioro de severidad media a baja, tal como fisuración longitudinal y en bloque, ahuellamiento, hundimiento y baches (ver figura 4), lo cual debe ser ratificado según el informe de evaluación y las conclusiones establecidas en el presente informe.



Figura 4. Deterioros encontrados en el tramo de estudio.

Fuente: Triviño, 2022.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

En relación al formato diseñado para la recolección de datos se especificaron las lecturas, y para el tramo 1 de la vía Colon – Lodana, los resultados de los ensayos deflectométricos se realizaron en todo el segmento representativo en la progresiva 7+800 Km, debido a que la vía presentaba un comportamiento homogéneo a lo largo del tramo. En relación a la deflexión característica se han definido 3 secciones homogéneas, siendo el segmento ubicado entre la abscisa 6+000 a 14+200, es decir, el de mayor deflexión y el de menor módulo del paquete estructural, tal como se muestra en la Figura 5.

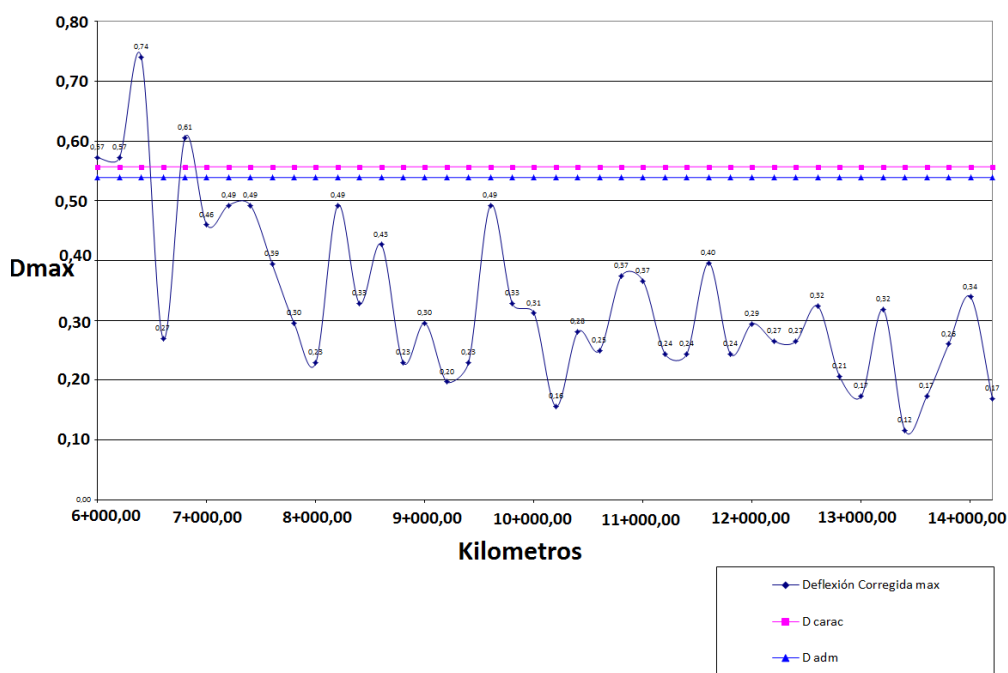


Figura 5. Deflectograma carril derecho del Tramo 1 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

En la tabla 5 y en la figura 6, se indica la deflexión característica de las secciones homogéneas del Tramo 1 Colón-Lodana. Según la norma INV E – 795 – 13, las estaciones desde un análisis comparativo de deflexiones presentan una clasificación Buena, es decir, el estado estructural de las diferentes capas de pavimento está en buen estado. La estación 3, presenta la menor deflexión característica y el mayor módulo.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

Tabla 5. Deflexión característica de las secciones homogéneas del Tramo 1 Colón-Lodana

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Deflexión Característica (mm)	Modulo Promedio (MPa)
1	6+000	8+000	2000	0.72	319,04
2	8+200	9+600	1400	0.53	436,84
3	9+800	14+200	4400	0.39	544,41

Fuente: Triviño, 2022.

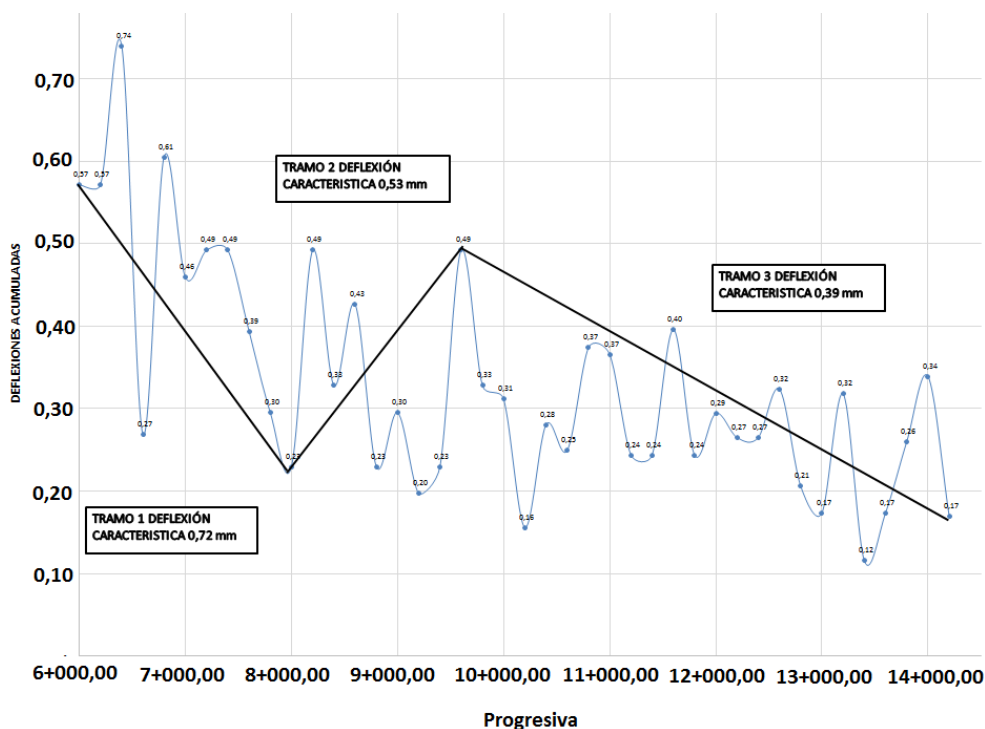


Figura 6. Secciones homogéneas por deflexiones del Tramo 1 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

A continuación se muestra en la figura 7, los resultados del radio de curvatura del tramo estudiado cada 200 m.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

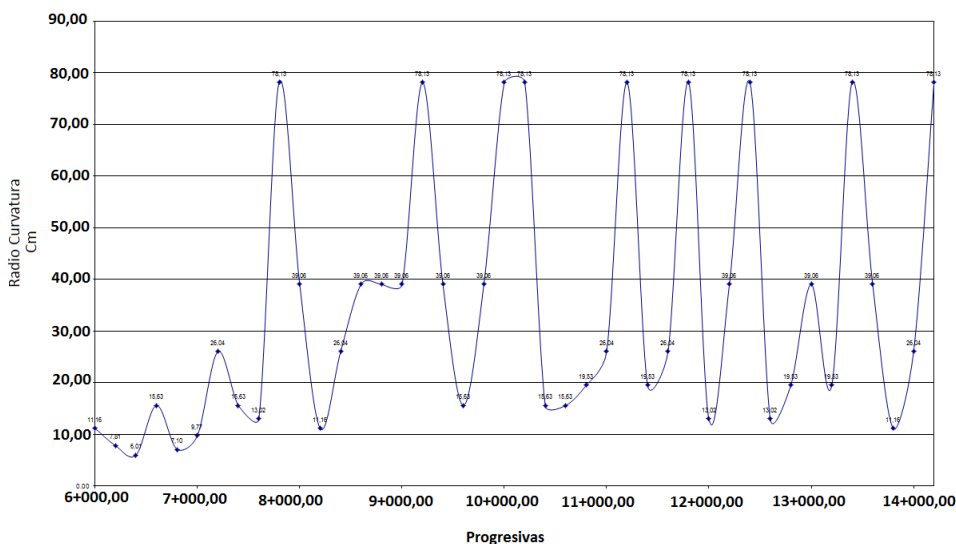


Figura 7. Radios de curvatura del Tramo 1 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

Con relación a los radios de curvaturas en el tramo estudiado se presentan los resultados en la tabla 6. El comportamiento del radio de curvatura, acorde a las normas, el resultado es Malo, para cada una de las estaciones del Tramo 1 de la vía Colon – Lodana.

Tabla 6. Radio de curvatura promedio del Tramo 1 Colón-Lodana

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Radio de curvatura (cm)
1	6+000	8+000	2000	20.85
2	8+200	9+600	1400	35.90
3	9+800	14+200	4400	40.34

Fuente: Triviño, 2022.

En la figura 8, se exponen los resultados producto del módulo (MPa), obtenido cada 200 metros de la vía en estudio.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

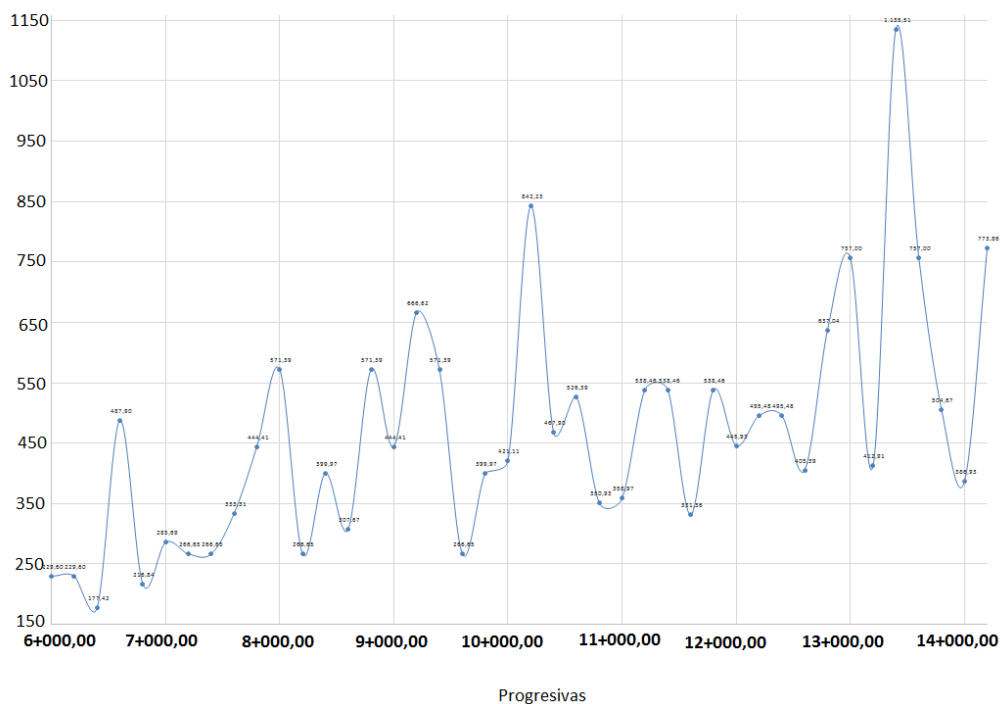


Figura 8. Módulos del Tramo 1 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

En la presentación de los resultados sobre el comportamiento de la subrasante, en cada una de las estaciones del tramo 1 de la vía Colón-Lodana, la cual arroja como un comportamiento: Bueno. De acuerdo al comportamiento del pavimento según su radio de curvatura es Malo. Por consiguiente, el tipo de deflexión es tipo III, según el método CONREVIAl (1983) y como se aprecia en la tabla 7:

Tabla 7. Tipos de deflexión del Tramo 1 Colón-Lodana

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Comportamiento de la Subrasante D<Dad	Comportamiento del Pavimento R>100	Tipo de Deflexión
1	6+000	8+000	2000	0.47<0.539 (Bueno)	20.85<100 (Malo)	III
2	8+200	9+600	1400	0.34<0.59 (Bueno)	35.90<100 (Malo)	III

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

3	9+800	14+20 0	4400	0.27>0.59 (Bueno)	40.34<100 (Malo)	III
---	-------	------------	------	----------------------	---------------------	-----

Fuente: Triviño, 2022.

El tipo de deflexión tipo III, se refiere que poseen una curva corta y poco profunda. A nivel visual existen fallas de origen estructural por fatigas (fisura de tipo: piel de cocodrilo). En cuanto a su pavimento, en mal estado, pero con una buena subrasante como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Cuenco de deflexión tipo III

Fuente: CONREVIAl (1983).

A continuación, se analiza el tramo 2, donde los ensayos deflectométricos se realizaron en una muestra representativa de 1,00 Km, siendo el mismo parte del tramo total de estudio. En la figura 10, se muestra el deflectograma realizado en el carril derecho de la vía en estudio realizado cada 20 m de distancia.

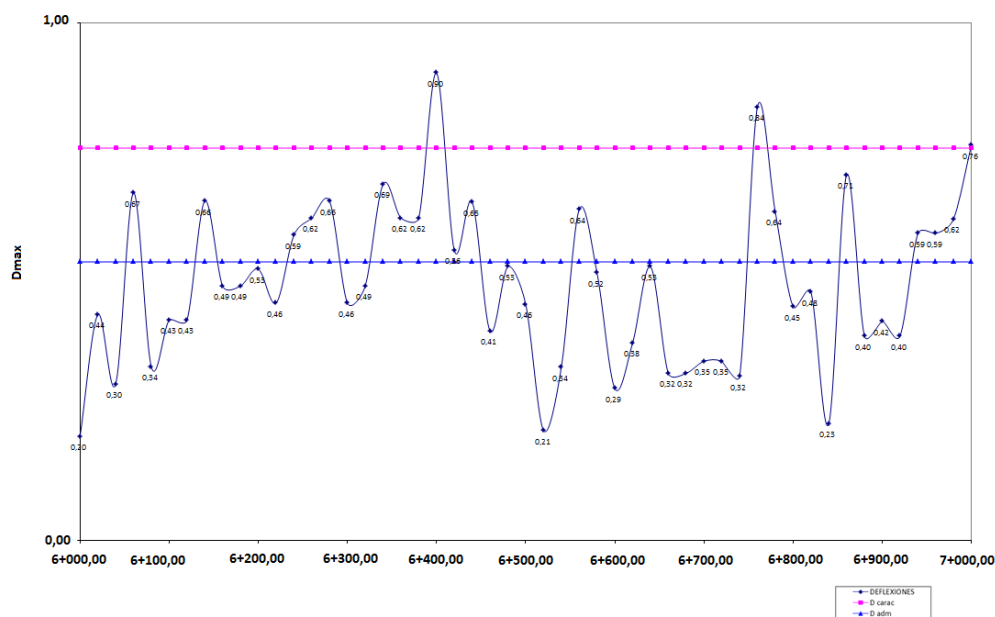


Figura 10. Deflectograma carril derecho del Tramo 2 Colón-Lodana. Fuente: Triviño, 2022.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

En lo referente a la Deflexión Característica se definieron 4 secciones homogéneas, siendo el segmento ubicado entre la abscisa 6+000 a 6+400 el de mayor deflexión, y el de menor módulo del paquete estructural, tal como se muestra en la tabla 8:

Tabla 8. Deflexión característica y Modulo de las secciones homogéneas del Tramo 2

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Deflexión Característica (mm)	Modulo Promedio (MPa)
1	6+000	6+400	400	0.78	273,57
2	6+420	6+520	100	0.72	315,31
3	6+540	6+760	210	0.70	332,39
4	6+780	7+000	220	0.77	275,37

Fuente: Triviño, 2022.

En la figura 11, se observan las secciones homogéneas por deflexiones en la distancia en estudio: 6+000 – 7+000, donde se indica las deflexiones características por tramo.

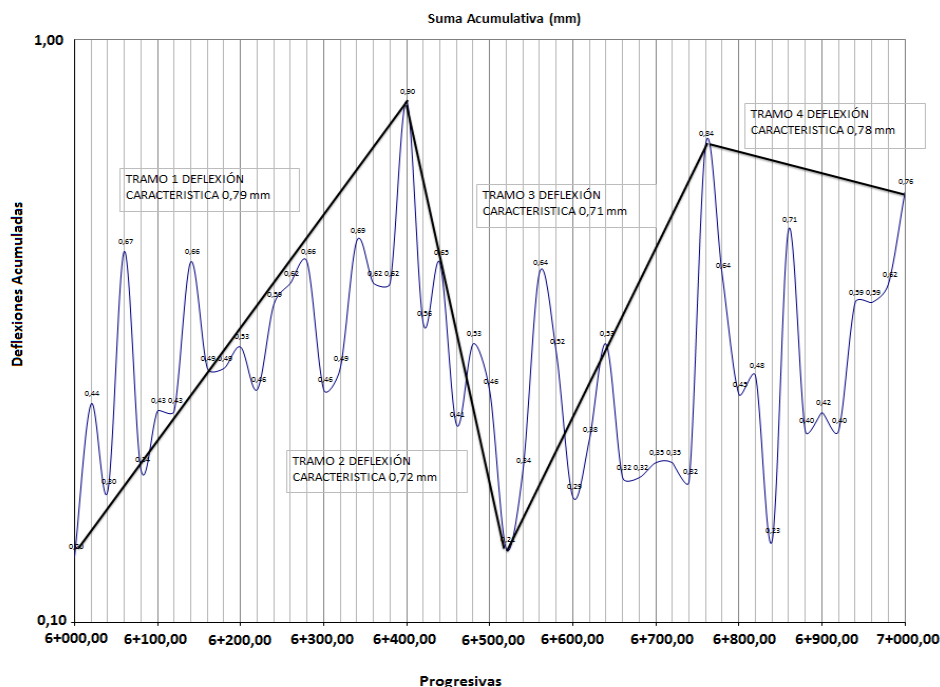


Figura 11. Secciones homogéneas por deflexiones del Tramo 2 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

En la figura 12, se revelan los resultados del radio de curvatura de tramo estudiado cada 20 m.

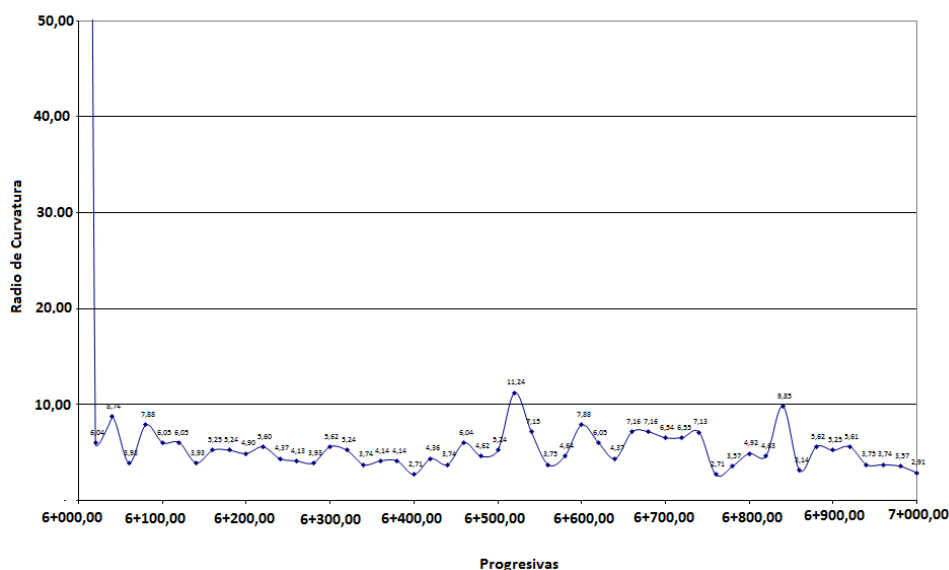


Figura 12. Radios de curvatura del Tramo 2 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

Con relación a los radios de curvaturas en el tramo estudiado cada 20 m, los resultados se develan en la tabla 9. Como se puede observar, el comportamiento del Radio de Curvatura, según la norma INVE – 795 – 13, el resultado es Malo, para cada una de las estaciones del Tramo 2 de la vía Colon – Lodana.

Tabla 9. Radio de curvatura promedio del Tramo 2 Colón-Lodana

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Radio de Curvatura (cm)
1	6+000	6+400	400	23,44
2	6+420	6+520	100	5,87
3	6+540	6+760	210	5,92
4	6+780	7+000	220	4,71

Fuente: Triviño, 2022.

Los módulos (MPa) del tramo 2, se observar en la figura 13, resultados del cálculo derivado cada 20 metros de la vía de un kilómetro.

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

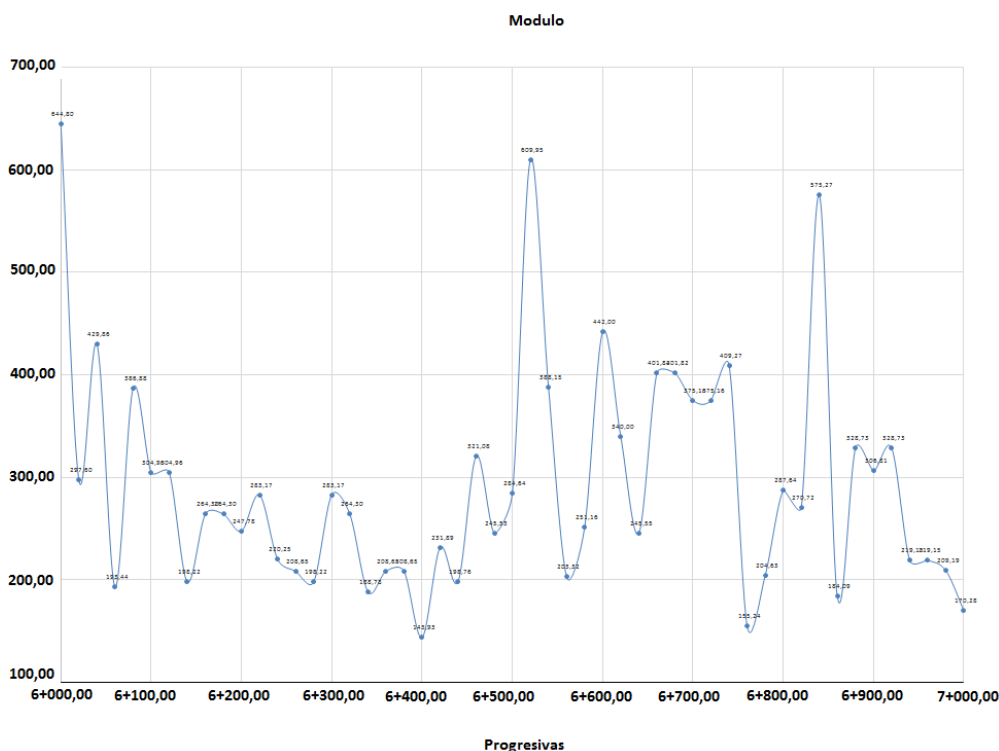


Figura 13. Módulos del Tramo 2 Colón-Lodana

Fuente: Triviño, 2022.

Analizando la norma INV E – 795 – 13, el comportamiento de la Subrasante, como se ha visto en cada una de las estaciones del tramo 2, es Bueno. Ahora bien, el comportamiento del pavimento con relación a su radio de curvatura es Malo. Por consiguiente, el tipo de deflexión es tipo III. En la tabla 10 se aprecia los resultados del tipo de deflexión del tramo 2:

Tabla 10. Tipos de deflexión del Tramo 2, vía Colón-Lodana

Estación	Desde	Hasta	Longitud (m)	Comportamiento de la Subrasante D<Dadm	Comportamiento del Pavimento R>100	Tipo de Deflexión
1	6+000	6+400	400	0.528<0.539 (Bueno)	23.44<100 (Malo)	III
2	6+420	6+520	100	0.470<0.539 (Bueno)	5.87<100 (Malo)	III

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

3	6+540	6+760	210	0.433<0.539 (Bueno)	5.92<100 (Malo)	III
4	6+780	7+000	220	0.524<0.539 (Bueno)	4.71<100 (Malo)	III

Fuente: Triviño, 2022.

Cubas (2019) indica que, los modelos de deformación de este tipo, tienen “un buen comportamiento estructural de subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión grande” (p.68). Esto se produce debido a un espesor de los estratos del pavimento escasos o un alto grado de deterioro de estas capas, también de una subrasante que conserva materiales incorrectos con un CBR bajo, además de deficiencia en el grado de compactación o posiblemente mal drenaje.

Conclusiones

Las intervenciones determinadas en este estudio, se enmarcan en una verificación de la aplicación de los principios y procedimientos de diseño del método AASHTO 1993, sin convertirse de ninguna manera en algo estático, ya que las intervenciones han sido adoptadas bajo escenarios optimistas donde el mantenimiento rutinario y preventivo debe realizarse de manera adecuada.

En esta investigación, se realizó una evaluación deflectométrica empleando la viga Benkelman, en la vía Portoviejo-Santa Ana, por la magnitud de los deterioros que presenta el pavimento. Estos deterioros son de severidad media a baja, tal como fisuración longitudinal y en bloque, ahuellamiento, hundimiento y baches.

El método empleado permitió determinar la influencia estructural del pavimento flexible, resultando una herramienta útil para evaluar el deterioro de la subrasante a lo largo de su vida útil.

A partir del método CONREVIAl, y de la norma INV E – 795 – 13, se realizó la evaluación deflectométrica empleando la viga Benkelman, obteniendo valores de deflexión en la carpeta asfáltica. La deflexión característica fue menor a la deflexión admisible ($D < D_{adm}$), siendo favorables para los resultados pues indica que no existen fallas de origen estructural de la subrasante en el tramo estudiado.

Se recomienda que se debe analizar las fechas de las mediciones y tipo de estructura (capa asfáltica, base, sub-base y subrasante), para tener lecturas actualizadas de ellas, ya que los pavimentos flexibles

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

se van deteriorando a través del tiempo. Es necesario que el gobierno local tenga como primera opción esta evaluación estructural usando viga Benkelman ya que ayuda a determinar y cuantificar un mantenimiento preventivo o rehabilitación cuando el pavimento está deteriorado.

Se debe contrarrestar el efecto de la capa débil, bien sea por reconstrucción o refuerzo de este extracto, en tal caso de que sea necesaria una intervención; aunque con la edad del pavimento, su condición gradualmente se deteriora hasta un punto donde es necesario algún tratamiento de recubrimiento con sellos u otros ligantes superficiales.

Se deben tomar en cuenta todas las evaluaciones que se han realizado en las vialidades de la provincia de Manabí, para que en el futuro se consideren para nuevos diseños de estas y se tenga una base de datos, como el diseño de pavimento actual, periodo del mismo, el tránsito o condiciones de carga, características de la superficie de cimentación, particulares de los materiales que componen las capas del pavimento, condiciones ambientales, entre otros.

El valor práctico de los resultados del estudio permite afirmar la aplicabilidad que tiene este procedimiento de evaluación estructural para las distintas carreteras provinciales de la vialidad de Manabí.

Referencias

1. AASHTO 1993 (1997). Guía AASHTO® para el Diseño de Estructuras de Pavimentos 1993. ISBN 1-56051-055-1. <https://pdfslide.net/documents/guia-aashto-93-version-en-espanol.html>
2. Ávila, E.; Albarracín, F. y Bojorque, J. (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. MASKANA, Vol. 6, No. 1, 2015. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22288/1/documento.pdf>
3. Balarezo-Zapata, J. (2017). Evaluación estructural usando viga benkelman aplicada a un pavimento. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Carrasco, S. y Vizhñay, C. (2019). Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkelman. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33520>

5. CONREVIAl - MTC y Consorcio de rehabilitación vial. (1983). Estudio de Rehabilitación de carreteras en el País. (Vol C). Lima.
6. Cubas, A. (2019). Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Jesús, tramo dv. A Llacanora (plaza pecuaria iscocongá)-La Huaraclla; para determinar su comportamiento estructural.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3154>
7. Escobar, K. García A. y Guzmán, C. (2007). Análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga Benkelman y el deflectómetro de impacto (falling weight deflectometer, FWD).
https://issuu.com/d.smithgonzaga/docs/an__lisis_comparativo_de_la_evaluac
8. Gobierno Provincial de Manabí. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Manabí 2015-2024. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360000120001_PDyOT%20Manabi%20actualizado%2031-10-2016%20%C3%BAltimo_29-12-2016_09-46-27.pdf
9. Google Maps, 2022. Colon – Lodana.
<https://www.google.com/maps/place/Centro+De+Salud+Lodana/@-1.1279543,-80.3921154,11z/data=!4m5!3m4!1s0x902b8a3ffaf1490f:0x54d8a6cbb650f77a!8m2!3d-1.1756719!4d-80.3875878>
10. Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
11. INVIAS (2012). Normas INV E – 795 – 13. Medida de las deflexiones de un pavimento asfáltico empleando la viga Benkelman. INV E – 795 – 13. <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-795-13.pdf>
12. Martínez, C. (2015). Análisis del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos.
<https://core.ac.uk/download/pdf/143452144.pdf>
13. Massenli, G. y de Paiva, C. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 27(4), 613-624. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400613>
14. Meza, H. (2017). Evaluación deflectométrica obtenida con la viga Benkelman y diseño de estructuras de pavimentos por el método AASHTO 2008 en la avenida Hartley del distrito

Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí

de Jose Luis Bustamante y Rivero – Arequipa.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_3d7a3bd48d807b7ac38544b8f5e49921

15. Silva, J. (2019). Evaluación visual y estructural del pavimento flexible de la urbanización Los Jardines, Barranca-2017. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3654>

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).