



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Victor Augusto Guzman Camacho ([ORCID 0000-0002-3599-3108](https://orcid.org/0000-0002-3599-3108))

ASESOR:

Dr. Ing. AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO ([ORCID 0000-0002-6559-0334](https://orcid.org/0000-0002-6559-0334))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAL VIAL

LIMA NORTE — PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis primeramente a Dios, por ser nuestro creador y ayudarme a cumplir esta gran meta de mi vida.

A mis padres, ellos fueron mi impulso para seguir adelante y lograr mis metas., además del apoyo incondicional y emocional

A mis hermanos por el aliento constante y su predisposición de su apoyo sin condiciones.

A mi hija por el afecto y cariño que son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ella.

Agradecimiento

Primeramente, doy gracias a dios por otorgarme las fuerzas necesarias para concluir mi carrera profesional.

A mis padres, hermanos, esposa y mi hija quienes fueron la motivación para la realización del presente trabajo.

A mi amigo y hermano William por su ayuda incondicional en el desarrollo de esta tesis.

Al asesor de tesis por su constante motivación y orientación en la elaboración de la tesis presentada.

Índice de contenidos

| | |
|--|-----------|
| Carátula | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de figuras | vii |
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRAC..... | ix |
| I.INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| II. MARCO TEÓRICO | 13 |
| III. METODOLOGÍA | 31 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación..... | 31 |
| 3.1.1 Método: científico | 31 |
| 3.1.2 Tipo: Aplicada..... | 31 |
| 3.1.3 Nivel: Explicativo | 31 |
| 3.1.3 Diseño: Cuasi experimental..... | 32 |
| 3.2 Variable y Operacionalización | 32 |
| 3.2.1 Variable 1: Zonas de Pendiente..... | 32 |
| 3.2.2 Variable 2: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico..... | 33 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 33 |
| 3.3.1. Población..... | 33 |
| 3.3.2. Muestra:..... | 33 |
| 3.3.3. Muestreo:..... | 34 |
| 3.3.4. Unidad de análisis: | 34 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 34 |
| 3.4.1 Técnica: Observación directa..... | 34 |
| 3.4.2. Instrumentos: Fichas de recopilación de datos..... | 34 |
| 3.4.2 Confiabilidad..... | 36 |
| 3.5 Procedimientos | 36 |
| 3.5.1 Estudios previos | 36 |
| 3.6 Método y análisis de datos | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6.1 Determinación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de pendiente | 37 |
| 3.6.2 Cálculo de la variación de la deformación lineal..... | 50 |
| 3.6.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural | 56 |
| 3.7 Aspectos Éticos | 61 |
| IV. RESULTADOS..... | 61 |
| V. DISCUSIONES..... | 72 |
| VI. CONCLUSIONES | 74 |
| VII. RECOMENDACIONES | 75 |
| REFERENCIAS | 76 |
| ANEXOS | |

Índice de tablas

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Parámetros de distancias | 19 |
| Tabla 2 | Factores de corrección | 21 |
| Tabla 3 | Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia | 22 |
| Tabla 4 | Deflexiones características | 23 |
| Tabla 5 | Relación de carga por eje para determinar EE..... | 25 |
| Tabla 6 | Valores de f_d y f_c | 26 |
| Tabla 7 | Características del pavimento de en función al tipo de deflexión y R_c | 27 |
| Tabla 8 | Tipología de la deflexión de pavimento | 28 |
| Tabla 9 | calidad estructural de un pavimento..... | 29 |
| Tabla 10 | Pendiente según el tipo de terrenos..... | 30 |
| Tabla 11 | Parámetros de validez | 35 |
| Tabla 12 | Validez de la investigación..... | 35 |
| Tabla 13 | Parámetros de Confiabilidad..... | 36 |
| Tabla 14 | Lecturas en zona de pendiente N°01 | 38 |
| Tabla 15 | Lecturas en zona de pendiente N°02 | 39 |
| Tabla 16 | Lecturas en zona de pendiente N°03 | 40 |
| Tabla 17 | IMD de vehículos | 47 |
| Tabla 18 | Relación de carga por EE | 47 |
| Tabla 19 | Número equivalente de ejes | 48 |
| Tabla 20 | Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°01 | 50 |
| Tabla 21 | Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°02 | 52 |
| Tabla 22 | Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°03 | 54 |
| Tabla 23 | comportamiento estructural zona de pendiente N°01 | 56 |
| Tabla 24 | comportamiento estructural zona de pendiente N°02..... | 58 |
| Tabla 25 | comportamiento estructural zona de pendiente N°03..... | 59 |
| Tabla 26 | Parámetros de la zona de pendiente N°01..... | 62 |
| Tabla 27 | Parámetros de la zona de pendiente N°02..... | 63 |
| Tabla 29 | Parámetros de la zona de pendiente N°03..... | 64 |
| Tabla 30 | Resumen del cálculo del radio de Curvatura..... | 65 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Jr. David samanes Ocampo | 11 |
| Figura 2 Fallas en el pavimento | 11 |
| Figura 3 : Principio de la viga Benkelman | 18 |
| Figura 4 diagrama de medición de deflexiones | 19 |
| Figura 5 Deflectograma de la zona de pendiente N°01 | 62 |
| Figura 6 Tipos de deflexión en la zona de pendiente N°01 | 62 |
| Figura 7 Deflectograma de la zona de pendiente N°02 | 63 |
| Figura 8 tipología de deflexión en la zona de pendiente N°02..... | 64 |
| Figura 9 Deflectograma de la zona de pendiente N°03 | 65 |
| Figura 10 Tipología de deflexión en la zona de pendiente N°03..... | 65 |
| Figura 11 Deformación lineal de zona de pendiente N°01 | 66 |
| Figura 12 Deformación lineal de zona de pendiente N°02 | 66 |
| Figura 13 Deformación lineal de zona de pendiente N°03 | 67 |
| Figura 14 Comportamiento de la Subrasante de la Pendiente N°01..... | 67 |
| Figura 15 Comportamiento de la Subrasante de la pendiente N°02..... | 68 |
| Figura 16 Condición del Pavimento en la zona de pendiente N°03..... | 68 |
| Figura 17 Condición del Pavimento en la zona de pendiente N°01 | 69 |
| Figura 18 Condición del pavimento en la zona de pendiente N°02 | 69 |
| Figura 19 Condición del pavimento en la zona de pendiente N°0303..... | 70 |
| Figura 20 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°01 | 70 |
| Figura 21 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°02 | 71 |
| Figura 22 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°03 | 72 |

RESUMEN

El presente trabajo es de gran importancia ya que contribuirá a las evaluaciones estructurales de los pavimentos flexibles en las zonas de pendiente que posteriormente se desarrollen en el área donde se desarrolló el estudio, este trabajo se ciñe en el objetivo de poder determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente en el Jr. David samanes Ocampo, Abancay-Apurímac, 2021, la investigación se realizó utilizando el método científico de tipo aplicada con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental, haciendo uso de la deflectometría con el equipo denominado viga Benkelman, el cual trajo como resultados una deflexión promedio que varía desde 82.42×10^{-2} mm hasta un 101.44×10^{-2} mm , y una deflexión característica fluctúan entre el rango de 130.48×10^{-2} mm hasta 137.14×10^{-2} mm, se concluye que la condición de la subrasante tiene en un 87 % la condición de buena y un 13% la condición mala, en relación a la condición del pavimento en un 41% se encuentra en buenas condiciones y en 59% tiene la característica de estar en condiciones malas, la calidad estructural el 41% tiene condición buena, el 1% condición regular, el 46% condición regular o mala, 12% condición mala.

Palabras claves: Infraestructura vial, pavimento flexible

ABSTRAC

The present work is of great importance since it will contribute to the structural evaluations of flexible pavements in slope areas that will later be developed in the area where the study was developed, this work adheres to the objective of being able to determine the variation of the structural behavior of the asphalt pavement in slope areas in Jr. David Samanes Ocampo, Abancay-Apurímac, 2021, the research was carried out using the scientific method of applied type with an explanatory level and a quasi-experimental design, making use of deflectometry with the equipment called Benkelman beam, which brought as results an average deflection that varies from 82.42×10^{-2} mm to 101.44×10^{-2} mm, and a characteristic deflection fluctuating between the range of 130.48×10^{-2} mm to 137.14×10^{-2} mm, it is concluded that the condition of the subgrade is 87% in good condition and 13% in bad condition, in relation to the condition of the pavement 41% is in good condition and 59% has the characteristic of being in bad condition, the structural quality 41% has good condition, 1% in fair condition, 46% in fair or bad condition, 12% in bad condition.

Keywords: Road infrastructure, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, la infraestructura de transporte se considera un factor vital en el desarrollo económico de la sociedad. En consecuencia, es necesario que las carreteras brinden un nivel de servicio adecuado que brinde bienestar, comodidad y seguridad duraderos a lo largo de su vida útil.

Según la British Broadcasting Corporation en el artículo BBC MUNDO: actualmente existen pocos ejemplos bien conocidos de las limitaciones al desarrollo latinoamericano, como por ejemplo, el mal estado de sus carreteras. Sin embargo, enfatiza que existe una diferencia significativa en términos de infraestructura y condiciones de transporte entre países desarrollados y en vías de desarrollo, y que la pobreza relativa o la riqueza no siempre son factores que determinan esta diferencia. Actualmente, algunos países enfrentan problemas evidentes para mantener sus carreteras; por ejemplo, Haití tiene 4.266 kilómetros de carreteras construidas; Paraguay y Colombia tienen poblaciones insatisfechas con el estado de sus carreteras; y los países de la región sudamericana (Bolivia) y de la región centroamericana (Nicaragua) tienen problemas de infraestructura vial. British Broadcasting Corporation (2015).

Según la revista del Instituto Vial Iberoamericano, uno de los problemas de transporte más serios es la congestión vehicular en la principal vía del Perú. A la fecha, todas las carreteras han sido totalmente asfaltadas; se han realizado mejoras en algunas curvas y se ha ampliado el firme, a pesar de las acciones tomadas, los problemas persisten. Esto se debe a un incremento en el flujo vehicular, con un índice diario de 6.400 vehículos, y en consecuencia, un aumento en el deterioro de los pavimentos flexibles. Instituto Vial Iberoamericano (2016).

Especialmente en las áreas inclinadas de Abancay de los pavimentos flexibles, existen preocupaciones sobre el actual deterioro prematuro y acelerado de caminos pavimentados. Este deterioro prematuro se viene observando desde hace ocho años por la aplicación de técnicas anteriores o su mala aplicación, y el paulatino aumento del volumen de tráfico que recibe esta vía, y este problema es un bloqueo o fisura por retracción y se agudiza por la presencia de cocodrilo. piel. Pavimento

flexible visible en áreas con pendientes. Esto es un inconveniente para que las unidades de vehículos se muevan y muchas veces genera accidentes que dañan a los habitantes de la ciudad de Abancay, por lo que es necesario evaluar el comportamiento estructural del área usando pruebas no destructivas, evaluando en zonas de pendiente con la finalidad de evitar daños en el pavimento y, como resultado, mejorar la vida útil y predecir el potencial de deterioro prematuro del pavimento flexible.



Figura 1 Jr. David samanes Ocampo
Fuente Propia



Figura 2 Fallas en el pavimento
Fuente Propia

Al analizar una realidad problemática, es necesario formular el problema y establecer como problema general.: ¿cuánto varía el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay Apurímac, 2021.? Como problemas específicos; el primero ¿Cuánto varía la deflexión del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021?, el segundo ¿Cuál es la variación de la deformación lineal del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021?

justificación del problema; el comportamiento estructural de un pavimento asfáltico puede verse afectado por una variedad de factores desde un punto de vista teórico, como el cambio climático o un aumento en el volumen de tráfico, que no se

previeron durante el diseño y la construcción. Por lo tanto, este estudio se realizó con el objetivo de contribuir y ampliar el conocimiento en esta área. En términos prácticos, esta investigación requiere que comprendamos la deflexión máxima y su deformación lineal en estas condiciones, lo que nos permitirá avanzar en nuestra comprensión de la evaluación estructural de pavimentos mediante ensayos no destructivos utilizando el deflectómetro, ya que el objetivo es obtener resultados utilizando la viga in situ. Finalmente, en cuanto a la metodología, el estudio ayudará a comprender la evaluación estructural de un pavimento flexible en zonas sensibles, en este caso, las calles del distrito de Abancay, lo que será de utilidad para futuras investigaciones.

El presente trabajo establece como objetivo general: determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay-Apurímac, 2021.; como objetivos específicos: el primero es estimar la variación de la deflexión del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021; el segundo es Calcular la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021.

Planteado los problemas y fijado los objetivos se formula las hipótesis, teniendo como hipótesis general: El Comportamiento Estructural del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría varía significativamente, Abancay - Apurímac, 2021; las hipótesis específicas; la primera La deflexión del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría varía considerablemente, Abancay - Apurímac, 2021; la segunda La deformación lineal del pavimento flexible zonas de pendiente mediante la deflectometría varía mínimamente, Abancay-Apurímac, 2021

II. MARCO TEÓRICO

Existen investigaciones anteriores a este trabajo de investigación y se puede citar como **antecedentes de carácter nacional** los siguientes:

Cubas de la torre (2017) en su investigación fijo como **objetivo** desarrollar la evaluación de pavimentos flexibles utilizando la deflectometría y la viga Benkelman, teniendo en cuenta el comportamiento estructural de la Vía de Evitamiento Sur – Cajamarca, aplicando una **metodología** cuyo tipo de investigación se utilizó y un diseño no experimental descriptivo obtuvo los resultados una \bar{D} de $92.23 \times 10^{-2} mm$ una D_a de $77 \times 10^{-2} mm$, D_{cr} $83 \times 10^{-2} mm$ y una D_c : $125.426 \times 10^{-2} mm$ y una deformación lineal promedio de $588.09 m$ finalmente, fija como **Conclusiones** el estructural comportamiento del pavimento flexible de la Carretera ubicado entre el Ovalo Musical y la Av. Industrial, a través de la deflectometría se determinó que no es idóneo, y por ende la hipótesis no cumple

según Quito (2019) en su trabajo de tesis establecido como **objetivo** determinar el comportamiento del pavimento flexible desde una perspectiva estructural en la carretera Cajamarca-Jesús, con base en el deflectómetro. usando una **metodología** tipo de investigación No Experimental Descriptivo Aplicado Deductivo, se obtuvo los siguientes **resultados**, una D_c igual a $116.7 \times 10^{-2} mm$, una D_a igual a $86.2 \times 10^{-2} mm$, una \bar{D} igual a $85.1 \times 10^{-2} mm$, una D_{cr} igual a $98.2 \times 10^{-2} mm$. y una deformación lineal promedio de $130.11 m$ Finalmente, fija como **Conclusiones** que el comportamiento estructural de la zona de investigación es de alto nivel.

Según Fernández (2020) en su trabajo de investigación establecido como **objetivo** Calcular el comportamiento de los pavimentos flexibles desde el punto de vista estructural a lo largo de la carretera Cajamarca-Balsas entre el kilómetro 20 y el 25. Aplicando una **metodología**, tipo de investigación No Experimental-Deductiva a través del cual se obtuvo los siguientes **resultados**, una D_a : $71 \times 10^{-2} mm$, una D_{cr} : $85 \times 10^{-2} mm$ y la D_c : $67 \times 10^{-2} mm$ y una deformación lineal promedio de $329.38 m$ Finalmente, establece como **Conclusiones** que el comportamiento estructural del

pavimento flexible en el análisis deflectométrico es bueno, debido a que la deflexión característica es menor a la deflexión admisible.

Según Irigoín y Campos (2020) en el estudio realizado tuvo como **objetivo** Identificar el estado actual del pavimento con énfasis en su temprano deterioro en calles de Chota cercanas a los jirones: Garcilaso de la Vega Inca Anaximandro Vega, Gregorio Malca, Mariscal Castilla, Coronel Becerra, Cajamarca, 30 de agosto, José Osoreo y 27 de noviembre aplicando a **metodología** , tipo de investigación no experimental Según la revista se desarrolló in situ y en laboratorio utilizando el índice de condición del pavimento (PCI) teniendo en cuenta el expediente técnico de construir una estructura de pavimento flexible tuvo como **resultados** que las peladuras ocasionadas por intemperismo en 33.33%, desprendimiento de agregado en un 27.08 %, baches en un 12.50%, y fisura de borde en un 10.42 %, parches de cortes utilitarios en un 8.33%, exudación en un 4.17%, fisura de bloque en un 2.08% y las fisuras longitudinales transversales 2.08%, se evidenciaron fallas parecidas a los baches en condición mala, fallas como como agrietamiento en bloque, como piel de cocodrilo y agrietamientos longitudinales y transversales. Finalmente, fija como **conclusiones** que los tipos de falla de incidencia considerable son de 33.33%,27.08% y 12.50% ,es decir, las peladuras provocadas por intemperismo, que se clasifican como severas, el agotamiento de agregados, que se clasifica como moderado, y finalmente, las baches con severidad parcialmente media, que da como resultado un rango de 33.33 % a 22.22 %, arrojando un valor medio de 35,50 %.como índice de condición del pavimento en las 18 muestras que se analizaron , Adicionalmente, señala que el pavimento asfáltico aún no ha llegado al final de su vida útil de diez años y se ha deteriorado en un 44.44 por ciento como resultado de un mantenimiento deficiente, cambios extremos de temperatura y un aumento en la tasa de crecimiento vehicular estancada de 0,91 a 1,86 por ciento.

En investigaciones anteriores podemos tener como **antecedentes internacionales**, los siguientes:

Según Salinas (2019) en la tesis de grado tuvo como **objetivo** Determinar la evaluación del pavimento flexible en cuanto a su comportamiento funcional y estructural de la Av. Quiz quiz a Av. José Peralta en el cruce con la avenida

Manuelita Sáenz. Aplicando una **metodología**, de investigación de carácter descriptivo cuasi experimental. obtuvo los siguientes **resultados** en la sección 1 se obtuvo una \bar{D} cuyo valor fue $42.55 \times 10^{-2} mm$ con una σ de 6.7, una D_c de $53.74 \times 10^{-2} mm$, una D_a de $173.27 \times 10^{-2} mm$, además de una D_{cr} de $166,50 \times 10^{-2} mm$ y una deformación lineal promedio de $105.95 m$ que le atribuye una deflexión tipo I, para la sección 2 se obtuvo una \bar{D} de $27.13 \times 10^{-2} mm$ con una σ de 2.73, una D_c de $31.63 \times 10^{-2} mm$, una D_a de $173,27 \times 10^{-2} mm$, además de una D_{cr} de $166,50 \times 10^{-2} mm$ y una deformación lineal promedio de $181.38 m$ e indica como **Conclusiones** debido a que la deflexión permitida es mayor a la característica, el subsuelo tiene un buen rendimiento, y el radio de curvatura tiene un valor mayor a 100, la evaluación estructural del pavimento tiene una deflexión tipo I. También concluye que la estructura del pavimento en los dos tramos evaluados tiene un buen rendimiento.

según Carrasco y Vizhñay (2019) en su investigación realizada tuvo como **objetivo** implementar un plan que le permita al municipio de azogues realizar una evaluación de pavimentos aplicando una **metodología**, tipo de investigación descriptiva con carácter no experimental y aplicada donde se obtuvo los siguientes **resultados**. Una \bar{D} de $122.6 \times 10^{-2} mm$ y por último establece como **Conclusiones** que la calidad estructural de las dos calzadas que conforman el corredor Avenida 16 de abril, las cuales fueron evaluadas por AASHTO y el Instituto Asfalto, amerita una mejora estructural como alternativa de solución

Según Paredes (2019) en la tesis de grado estableció como **objetivo** construir una estrategia de conservación vial para la carretera Cevallos-Quero entre la abscisa Km 5+800 y la abscisa Km 9+100 en la provincia de Tungurahua, la investigación aplico **metodología** de característica no experimental con un matiz exploratorio y descriptivo a través de los cuales obtuvo los siguientes **resultados** en la vía N° 1 una D_a de $122.92 \times 10^{-2} mm$, una D_{cr} de $128.46 \times 10^{-2} mm$, una D_c de $115.67 \times 10^{-2} mm$, y una deformación lineal promedio de $99.99 m$ y en la vía 2 se obtuvo una D_a de $122.92 \times 10^{-2} mm$, una D_{cr} de $128.46 \times 10^{-2} mm$, una D_c de $105.77 \times 10^{-2} mm$, una σ de 17.613. y un radio de curvatura promedio de $88.87 m$ y por último la investigación señala como **Conclusiones** que la que subrasante que soporta la integridad estructural del pavimento tiene un buen comportamiento,

teniendo en cuenta la deformación lineal, la integridad estructural del pavimento tiene un buen comportamiento en un 46.67% y un mal comportamiento en un 53.33%.

En el artículo de la revista Maskana según Ávila et al (2015) fija como **objetivo** evaluar la capacidad portante de un pavimento flexible en su estructura, y avanzar en el análisis de la confiabilidad y eficacia del deflectómetro de impacto que se desarrolló utilizando las vías locales de la red E40 austral. a través de la **metodología** no experimental, como Yonapave, Aashto 93, Rohde y Lukanen, para describir y comparar los resultados del uso del FWD. Esta investigación arrojó **resultados** donde se descubrió que los valores de robustez obtenidos por Lukanen y Yonapave son más bajos y no coinciden con los resultados obtenidos por Aashto 93 y Rohde que son los valores más altos. y por ultimo la revista señala las siguientes **Conclusiones** aplicar el deflectómetro de impacto (FWD, Falling Weight Deflectometer), que evalúa el comportamiento del pavimento en su estructura a partir de la idea de someter los vehículos al tráfico, es un proceso no destructivo, sencillo y práctico.. Por otro lado, el análisis de los datos de un ensayo de deflexión de impacto (deflexiones) utilizando un modelo resiliente derivado de cuatro metodologías diferentes (Yonapave, Aashto 93, Rohde y Lukanen, y Evercalc) ha llevado a la conclusión de que Lukanen y Yonapave Los modelos, cuando se combinan con Evercalc, demuestran un rendimiento superior.

Coria et al (2018)En el artículo académico señala el **objetivo** de obtener información sobre las deflexiones y deformaciones que se encuentran en los pavimentos flexibles a través de ejercicios prácticos en varias estructuras de pavimentos flexibles utilizando la **metodología** tipo de investigación aplicada, diseño experimental y nivel descriptivo donde se obtuvieron los **resultados** que indica que las respuestas obtenidas para la estructura de un pavimento flexible se pueden estimar fácilmente utilizando unos softwares que incorporan los parámetros de la teoría de la multicapacidad. Con estas opciones, las alternativas de pavimentación se pueden evaluar rápidamente y se pueden determinar las respuestas que dan como resultado una pavimentación flexible. Y por último este artículo señala como **conclusiones** actualmente, los métodos empírico-mecánicos de diseño de pavimentos consideran como críticas dos deformaciones: la

deformación bajo la capa asfáltica conectada a la fatiga o piel de cocodrilo, y la deformación sobre la subrasante conectada a una varilla plástica, cuyas respuestas son objeto de un estudio. investigación.

En relación a las teorías y conceptos relacionados al tema se revisaron definiciones correspondientes y sus respectivas dimensiones.

Sobre el **comportamiento estructural** del pavimento flexible, según Becerra (2012) indica que el comportamiento estructural se centra en cuestiones relacionadas con la integridad del pavimento y se define como la capacidad del pavimento para brindar soporte en caso de una acción combinada que involucre el transporte y el medio ambiente. (pag.07), así mismo Sánchez (1984) “demuestra que es la condición primordial de un pavimento que sea capaz de soportar las cargas transmitidas por los vehículos que transitan por él”. (pag.21).

La deflexión según Montejo (2006) es la deformación elástica de un pavimento que ocurre cuando una barra de carga estándar actúa sobre él. Con él, es posible evaluar el deterioro progresivo de la integridad estructural del pavimento como consecuencia de las demandas de tráfico que recibe. Las deflexiones se pueden determinar con una vigilancia Benkelman o un deflectómetro Lacroix. (pag.519). El cálculo de la deflexión se basa en el principio deflectometría, que se encarga de evaluar las deformaciones verticales provocadas por la acción de una carga o petición. Según Paredes (2019) para determinar las características estructurales de un pavimento, se utilizan experimentos destructivos. Estos estudios implican la realización de calibraciones y obtención de ejemplos de las distintas capas de pavimento para obtener parámetros estructurales de los materiales aptos para la evaluación estructural. También existen ensayos no destructivos que tienen la ventaja de no dañar el pavimento y son sencillos de realizar., Según Hoffman del Águila (1985) “Declara que el equipo Viga Benkelman puede ser utilizado para determinar las deflexiones provocadas por la acción de los vehículos sobre la superficie de un pavimento flexible.”

Viga Benkelman de 02 brazos, esta viga Benkelman de dos ramales tiene como objetivo determinar la deflexión y la curvatura recuperable de un pavimento producido por una carga automática. Se compone de esferas de 0,01 m, un

recorrido de 12 mm y dos multiplicadores de 1:4, El primer brazo está formado por dos tranvías, el primero de 2,44 metros de longitud (desde el punto de ensayo hasta el pivote) y el segundo de 0,61 metros (desde el punto de apoyo del dial hasta el pivote) , El segundo brazo también está formado por dos tranvías, el primero de 2,19 metros (desde el punto de ensayo hasta el pivote) y el segundo de 0,5475 metros (desde el punto del registrador de cuadrante hasta el pivote). La viga Benkelman de doble rama se basa en el principio de palanca, donde se realizan pruebas de lectura en los diales.

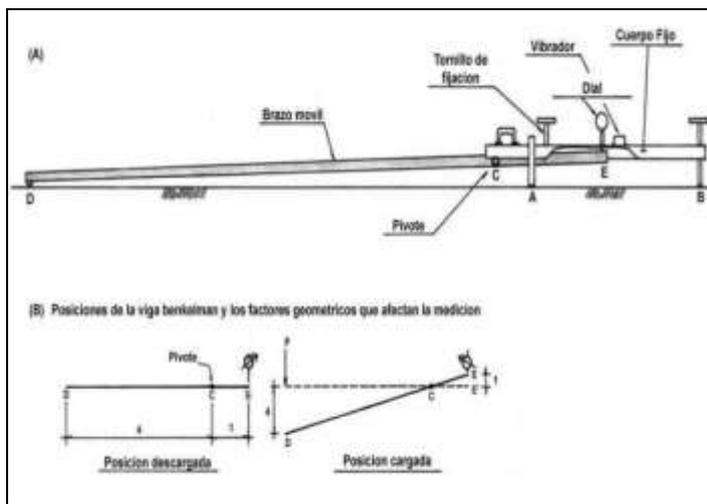


Figura 3 : Principio de la viga Benkelman
Fuente: MTC (2016)

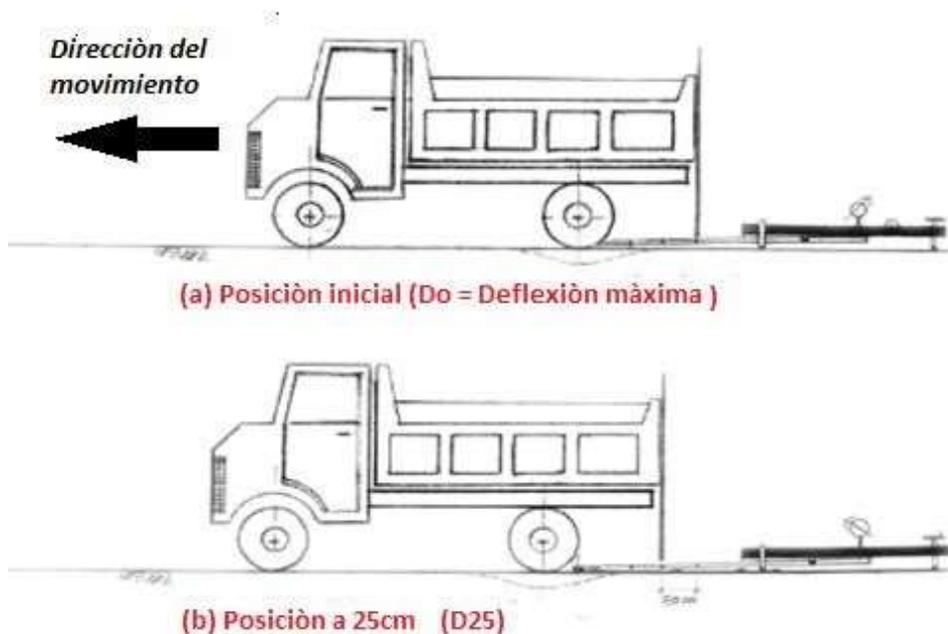


Figura 4 diagrama de medición de deflexiones
Fuente: Meza (2017)

De acuerdo con el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E 1002) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el punto del pavimento donde se realizará la evaluación debe estar marcado con una línea paralela al borde de la vía. Esta línea debe medirse desde el borde del pavimento, para lo cual se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 1
Parámetros de distancias

| Ancho de carril | Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento |
|-----------------|--|
| 2.70 m | 0.45 |
| 3.00 m | 0.60 |
| 3.30 m | 0.75 |
| 3.60m o mas | 0.90 |

Fuente: MTC (2016)

cálculo de las deflexiones el MTC (2016) indica que el cálculo será sencillo si las medidas se tomaron utilizando la viga Benkelman de doble brazo, lo que significa que las deflexiones serán el resultado de las lecturas y la relación entre ambas.

$$D_n = L_D * R_B \quad (ec. 2.1)$$

Donde:

D_n: Deflexión en la medida n.

L_D: lectura del dial.

R_B: Relación de brazos de la viga benkelman (1.2 o 1.4)

Nota 1: El valor 4 se basa en la relación de longitudes de brazo de viga doble de Benkelman.

Rectificación por T°. La temperatura es un componente ambiental que afecta significativamente las deflexiones recuperables. Tenga en cuenta que la recopilación de datos en el mismo lugar bajo diferentes condiciones de temperatura produce resultados diferentes porque un aumento en la temperatura provoca una disminución en la rigidez del pavimento. En este caso, se recomienda corregir las deflexiones por temperatura.

Según CONREVIAl (1983) , La corrección de la temperatura de deflexión se lleva a cabo asumiendo que las deflexiones tomadas a cualquier temperatura deben tener una temperatura estándar de 20°C. La siguiente fórmula se utiliza para corregir errores.

$$D_{(20^{\circ}\text{C})} = \frac{D_t}{K(t - 20).e + 1} \quad (\text{ec. 2.2})$$

Donde:

$D_{(20^{\circ}\text{C})}$: deflexión corregida, a la temperatura estándar de 20 °C.

D_t : deflexión medida a la temperatura "t" (1/100 mm).

K: 1×10^{-3} ; constante para capas granulares (1/ cm °C).

t: temperatura de la carpeta asfáltica del pavimento (°C).

e: espesor de la carpeta asfáltica (cm).

Corrección por estacionalidad, La ubicación climatológica del período de tiempo durante el cual se realizan las deformaciones es crucial debido a que las condiciones difieren entre un estado seco y húmedo, resultando en diferentes resultados para las lecturas de las deformaciones verticales. Además, la ubicación tendrá un impacto en el potencial de deformación de las muestras, lo que en muchos casos conducirá a resultados no deseados debido a la saturación.

Según CONREVIAl (1983) Recomienda el uso de factores de corrección a nivel estacional, teniendo en cuenta dos factores: el primero es el período de tiempo durante el cual se realizaron los estudios, y el segundo es el tipo de material subrasante utilizado.

Tabla 2

Factores de corrección

| <i>Tipo De Suelo De Sub Rasante</i> | <i>Estación Lluviosa</i> | <i>Estación Seca</i> |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| <i>Arenosa – permeable</i> | 1.0 | 1.1 a 1.3 |
| <i>Arcillosa – Sensible al agua</i> | 1.0 | 1.2 a 1.4 |

Fuente: CONREVIAl (1983)

Metodología Empírica CONREVIAl. Esta metodología se basa en el grado máximo de curvatura y deflexión que se puede lograr cuando se aplica una carga a la superficie del pavimento. Los resultados son datos fiables porque tanto la deflexión como la curvatura determinarán el estado de la subrasante y del pavimento, reflejando el estado estructural de este último.

Según CONREVIAl (1983) Descrito como un parámetro que depende de la probabilidad de ocurrencia expresada en porcentajes y de la máxima deflexión promedio de las áreas evaluadas, este parámetro tiene la propiedad de ser estadístico.

Según Fernández (2020) indica que, en un área del pavimento, las deflexiones medidas exhibirán una distribución de frecuencia, haciendo posible calcular parámetros estadísticos utilizando la ley de Gauss a partir de las deflexiones individuales., el cual permitirá determinar la deflexión promedio (\bar{D}), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (CV) haciendo uso de las siguientes formulas:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (Ec. 2.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}, n > 30 \quad (Ec. 2.4)$$

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100 \quad (Ec. 2.5)$$

La determinación de la deflexión característica es necesaria para la evaluación estructural del pavimento ya que es el valor más representativo de un tranvía en particular; teniendo en cuenta los criterios de análisis estadístico, la flecha característica se determina con la aplicación de la siguiente formula

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma \quad (Ec. 2.6)$$

Donde:

D_c : Deflexión característica

\bar{D} : Deflexión promedio de los valores individuales corregidos

t : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica

σ : Desviación estándar

Teniendo en cuenta que la deflexión promedio representa una porción del pavimento flexible que se ha evaluado, a cada valor “t” se le dará una porción específica del transporte total con la probabilidad de que tenga deflexiones promedio mayores a las deflexiones características.

Tabla 3

Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia

| <i>Valor de Diseño</i> | <i>D_c</i> | <i>Área $\bar{D} > D_c$ %</i> |
|------------------------|-------------------------|---|
| 50 | \bar{D} | 50 |
| 75 | $\bar{D} + 0.67\sigma$ | 25 |
| 85 | $\bar{D} + \sigma$ | 15 |
| 90 | $\bar{D} + 1.3\sigma$ | 10 |
| 95 | $\bar{D} + 1.645\sigma$ | 5 |
| 98 | $\bar{D} + 2\sigma$ | 2 |

Fuente: Gutiérrez (2007)

Según Instituto del Asfalto (2000) indica que se recomienda utilizar un porcentaje del 98 por ciento y que se considera aceptable trabajar con un porcentaje del 80 por ciento en las carreteras de California, lo que corresponde a una

$$D_c = \bar{D} + 2\sigma$$

Por otro lado, el método CONREVIAl recomienda que al valor de D_c sea igual a $(\bar{D} + 1.645\sigma)$ lo que corresponde al 95% de probabilidad de diseño

Tabla 4
Deflexiones características

| Tipo de carretera | D_c | Observación |
|--|-------------------------------|--|
| <i>Autopistas carreteras de IMDA mayor de $6000 \frac{veh}{día}$ de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.645\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad del 95%.</i> |
| <i>Carreteras cuales o multicarril carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.645\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%.</i> |
| <i>Carreteras de primera clase carreteras con IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.645\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%.</i> |
| <i>Carreteras de segunda clase carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.282\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%.</i> |
| <i>Carreteras de tercera clase carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.282\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%.</i> |
| <i>Carreteras de bajo volumen de tránsito carreteras con un IMDA $\leq 200 \frac{veh}{día}$ de una calzada.</i> | $D_c = \bar{D} + 1.036\sigma$ | <i>Deflexión característica, para una confiabilidad de 85%.</i> |
| Nota: D_c = Deflexión característica, \bar{D} =Deflexión media, σ =Desviación estándar | | |

Fuente: MTC (2014)

Según CONREVIAl (1983) indica que el grado de flexibilidad permitido dependerá de cómo se evaluará el impacto del diseño en el tráfico. Este parámetro establece un límite para el grado de flexibilidad permitido, por lo que exceder el grado de flexibilidad permitido no garantiza un comportamiento estructural adecuado. La siguiente expresión se utiliza en el cálculo.

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^4 \quad (Ec. 2.7)$$

Donde:

D_a : Deflexión admisible (mm)

N18 : Número de repeticiones de ejes equivalente a 8.2 ton (millones)

Según CONREVIAl (1983) indica que la deflexión crítica dependerá de cómo se evalúe el tráfico de diseño. Este parámetro establece un límite para la deflexión característica, por lo que superar el límite aceptable no asegura un comportamiento estructural adecuado. Para expresar la determinación se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{5.3} \quad (Ec. 2.8)$$

Donde:

D_{CR} : Deflexión crítica (mm)

N18 : Número de repeticiones de ejes equivalente a 8.2 ton (millones)

El término "ejes equivalentes" se refiere a parámetros de equivalencia que indican el factor destructivo de varios tipos de vehículos pesados en función de las cargas transportadas por cada tipo de eje. La N18 solo considera vehículos pesados, dejando fuera a los livianos (camionetas, autos, combis, etc.). El N18 se basa en el índice promedio diario de cada tipo de vehículo pesado, así como en los factores de peso, dirección, distribución de la carga y tasa de crecimiento acumulada.

$$N_{18} = \text{IMD} * 365 * f_c * f_d * f_{dcarr} * G \quad (\text{ec 2.9})$$

IMD = índice medio diario

365 = número de días del año

f_c = factor de carga

f_d = factor direccional

f_{dcarr} = factor de distribución de carril

G = factor de crecimiento

El factor de carga (f_c), viene hacer el factor de cargas por eje que permitirá el cálculo de los EE. para lo cual se utilizará siguiente tabla.

Tabla 5
Relación de carga por eje para determinar EE

| Tipo de eje | Eje equivalente (EE_{2.8 tn}) |
|---|--|
| <i>Eje Simple de ruedas simples(EE_{s1})</i> | $EE_{s1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{4.0}$ |
| <i>Eje Simple de ruedas dobles(EE_{s2})</i> | $EE_{s2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^{4.0}$ |
| <i>Eje Tandem(1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)(EE_{TA1})</i> | $EE_{TA1} = \left(\frac{P}{14.8}\right)^{4.0}$ |
| <i>Eje Tandem(2 ejes de ruedas dobles)(EE_{TA2})</i> | $EE_{TA1} = \left(\frac{P}{15.1}\right)^{4.0}$ |
| <i>Eje Tridem(2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)(EE_{TR1})</i> | $EE_{TA1} = \left(\frac{P}{20.7}\right)^{3.9}$ |
| <i>Eje Tridem(3 ejes de ruedas dobles)(EE_{TR2})</i> | $EE_{TA1} = \left(\frac{P}{21.8}\right)^{3.9}$ |
| <i>P = peso real por eje en toneladas</i> | |

Fuente: MTC (2014)

El número de vehículos pesados que pasan en una dirección es lo que se denomina factor de dirección (f_d). Esta relación generalmente representa alrededor de la

mitad del tráfico total que fluye en ambas direcciones, sin embargo, ocasionalmente puede ser mayor en una dirección que en la otra.

El f_{dcarr} , Es el factor que corresponde al valor dado el carril donde se canaliza la mayor parte del tráfico, o el que recibe la mayor cantidad de carriles de e-jumping equivalentes.

El número de sentidos y el número de carriles por carril son los factores que se relacionan con el tráfico del carril. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones recomienda la siguiente tabla para determinar los factores antes mencionados.

Tabla 6
Valores de f_d y f_c

| Numero de calzadas | Numero de sentidos | Numero de carriles por sentido | Factor direccional (f_d) | Factor de carril (f_c) | Factor ponderado $f_d * f_c$ |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 calzada | 1sentido | 1 | 1 | 1.00 | 1.00 |
| | 1sentido | 2 | 1 | 0.80 | 0.80 |
| | 1sentido | 3 | 1 | 0.60 | 0.60 |
| | 1sentido | 4 | 1 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas Con separador central | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentidos | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentidos | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

Fuente: MTC (2014)

Las tasas de crecimiento de G , factor que representa el crecimiento vehicular, suelen oscilar entre el 2% y el 6%, para la determinación se aplica la siguiente formula.

$$G = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (ec. 2.10)$$

r = tasa anual de crecimiento

n = periodo de diseño

según Montejo (2006) la deformación lineal es provocada por el trazado lineal, lo que hace que el pavimento se doble cuando hay una acción vehicular de transporte de carga

El método de radio de curvatura de la propuesta francesa se utiliza para determinar la deformación lineal. Establece que las deflexiones en relación con la longitud hasta el punto donde se encuentra la carga se aproximarán hasta longitudes superiores a 25 cm, luego de lo cual una flexión parecerá doblarse asintóticamente hacia la horizontal. Y la siguiente expresión matemática se utiliza para calcular. (p.524)

$$R_c = \frac{10 \times 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})} \quad (\text{EC. 2.11})$$

Donde:

Rc : Radio de Curvatura (m)

D0 : Deflexión máxima corregida por temperatura (1/100 mm)

D25 : Deflexión a 25 cm corregida por temperatura (1/100 mm)

10 : Coeficiente por cambio de unidades

Se realiza un análisis estructural basado en los criterios de evaluación de la Metodología CONREVIAL propuesta por el DNER mediante estimación de parámetros del pavimento (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem)

Tabla 7

Características del pavimento de en función al tipo de deflexión y Rc

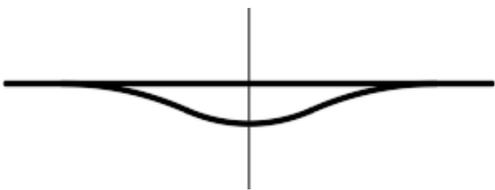
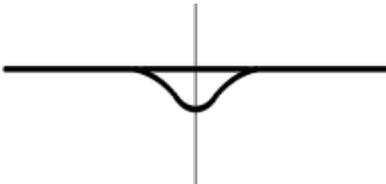
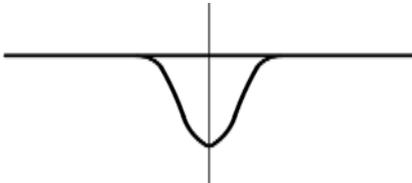
| <i>Tipo de Deflexión</i> | <i>Comportamiento la Subrasante</i> | <i>Comportamiento del Pavimento</i> |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Tipo I</i> | <i>Bueno</i> $D_c < D_a$ | <i>Bueno</i> $R_c > 100$ |
| <i>Tipo II</i> | <i>Malo</i> | <i>Bueno</i> |

| | | |
|-----------------|----------------------|---------------------|
| | $D_c > D_a$ | $R_c > 100$ |
| <i>Tipo III</i> | Bueno $D_c < D_a$ | Malo $R_c < 100$ |
| <i>Tipo IV</i> | Malo $D_c > D_a$ | Malo $R_c < 100$ |

Fuente: CONREVIAl (1983)

Tabla 8

Tipología de la deflexión de pavimento

| <i>Tipo</i> | <i>Cuenca de Deflexiones</i> | <i>Curva Medida</i> | <i>Pavimento Evaluado</i> |
|-------------|---|---|--|
| <i>I</i> |  | <i>Curva extensa poco pronunciada</i> | <i>Buen Pavimento Buena subrasante</i> |
| <i>II</i> |  | <i>Curva extensa profunda</i> | <i>Buen Pavimento Mala subrasante</i> |
| <i>III</i> |  | <i>Curva corta poco Profunda</i> | <i>Mal Pavimento Buena subrasante</i> |
| <i>IV</i> |  | <i>Curva corta profunda</i> | <i>Mal Pavimento Mala subrasante</i> |

Fuente: CONREVIAl (1983)

Tabla 9
calidad estructural de un pavimento

| <i>Hipótesis</i> | <i>Datos Deflectométricos Obtenidos</i> | <i>Calidad Estructural</i> | <i>Necesidad de Estudios Complementar</i> | <i>Criterio de Cálculo para Refuerzo</i> | <i>Medidas Correctivas</i> |
|------------------|---|---|---|---|---|
| <i>I</i> | $Dp \leq Dadm$ $Rc \geq 100$ | <i>Buena</i> | <i>No</i> | | <i>Solo Correcciones de Superficie</i> |
| <i>II</i> | $Rc \geq 100$ | <i>Si $Dp < 3Dadm$</i> <i>Regular</i> <i>Si $Dp > 3Dadm$</i> <i>Mala</i> | <i>No</i> <i>Si</i> | <i>Deflectométrico</i> <i>Deflectométrico, Resistencia</i> | <i>Refuerzo</i> <i>Refuerzo o Reconstrucción</i> |
| <i>III</i> | $Dp \leq Dadm$ $Rc < 100$ | <i>Regular a Mala</i> | <i>Si</i> | <i>Resistencia</i> | <i>Refuerzo o Reconstrucción</i> |
| <i>IV</i> | $Dp > Dadm$ $Rc < 100$ | <i>Mala</i> | <i>Si</i> | <i>Resistencia</i> | <i>Refuerzo o Reconstrucción</i> |

Fuente: DNRE (1998)

La variable zona de pendiente según Cárdenas. (2002) pendientes son inclinaciones de carácter natural que tiene el terreno pudiendo ser tanto longitudinales como transversales del eje de la vía, de la misma forma los terrenos presentaran una máxima pendiente la cual se medirá alrededor del entorno del eje de la vía.

Según el diseño geométrico de carreteras las pendientes clasifican a los terrenos en:

Tabla 10

Pendiente según el tipo de terrenos

| Tipo de terreno | Pendiente máxima media de las líneas de máxima pendiente del terreno (%) |
|------------------------|---|
| Plano o casi plano | 0 – 3 |
| Ligeramente ondulado | 3 – 7 |
| Moderadamente ondulado | 7 – 12 |
| Fuertemente ondulado | 12 – 25 |
| Ligeramente empinado | 25 – 55 |
| Fuertemente empinado | 55 – 80 |
| Muy empinado | > 80 |

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Método: científico

Según Guerrero (2014) menciona que: “la investigación científica es la adquisición de conocimientos nuevos los cuales permitirán encontrar soluciones a los problemas e interrogantes establecidos haciendo uso del raciocinio a través de la observación del comportamiento de los objetos en investigación, (p. 6).

La investigación se llevó a cabo observando directamente cómo varía el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente utilizando métodos no destructivos.

De acuerdo a la definición brindada, en esta investigación se utilizó el método científico.

3.1.2 Tipo: Aplicada

Muñoz (2016) Menciona lo siguiente: “la investigación aplicada es aquella que pone en práctica la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la investigación (p.35).

La aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional permitió que la presente investigación evalúe la deflexión y la deformación lineal del pavimento asfáltico en áreas curvas.

De acuerdo con la definición anterior, esta investigación es de la variedad aplicada.

3.1.3 Nivel: Explicativo

Arias (2012) define “la investigación explicativa es aquella que pretende dar respuesta al porqué de los hechos a través de las relaciones que causa efecto.” (p. 26).

El objetivo de la investigación es no solo describir sino también evaluar y explicar cómo se comporta el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en áreas colgantes.

Según la descripción en párrafos anteriores esta investigación tendrá un nivel Explicativo

3.1.3 Diseño: Cuasi experimental.

Hernández et al. (2014) indica lo siguiente: que el diseño cuasi experimental es aquel que involucra la manipulación de al menos una variable, la manipulación es de carácter deliberante. (p. 154).

Para evaluar el comportamiento estructural de un pavimento flexible en zonas colgantes, la investigación permitirá manipular la variable de zonas colgantes que estará determinada por su radio.

De acuerdo con la teoría revisada, este estudio tiene un diseño algo experimental.

3.2 Variable y Operacionalización

3.2.1 Variable 1: Zonas de Pendiente

Definición Conceptual

son inclinaciones de carácter natural que tiene el terreno pudiendo ser tanto longitudinales como transversales del eje de la vía, de la misma forma los terrenos presentaran una máxima pendiente la cual se medirá alrededor del entorno del eje de la vía. cárdenas (2002)

Definición Operacional

La variable zonas de pendiente opera dividiendo cada dimensión en tres indicadores, como carril derecho, carril izquierdo y carril derecho, que se utilizan para describir las características de la zona de pendiente de una ruta en particular.

3.2.2 Variable 2: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico

Definición Conceptual

Indica que el comportamiento estructural se centra en cuestiones relacionadas con la integridad del pavimento y se define como la capacidad del pavimento para brindar soporte en caso de una acción combinada que involucre el transporte y el medio ambiente. (2012)

Definición Operacional

El variado comportamiento estructural del pavimento asfáltico se operacionaliza mediante las dimensiones de deflexión y deformación lineal, cada una de las cuales se divide en tres indicadores y contribuye al comportamiento estructural de un pavimento.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

Según Hernández et al (2014) considera que la “población es aquel grupo en donde los objetos tienen una relación específica” (p. 195).

Esta investigación tendrá como población las calles de la ciudad de Abancay cuyas características serán de pavimentos asfálticos

3.3.2. Muestra:

Según Del cid et al (2011) se define “como aquella fracción o parte cuya característica es ser representativa de un grupo, de un universo o de una población, que ha sido seleccionada por ciertas características que servirán para la investigación” (p.90).

Por ello, se considerará la Av. Samanes Ocampo en el cual se tiene 03 diferentes zonas de pendiente

3.3.3. Muestreo:

Según Gómez (2012) como aquel instrumento de mucha importancia en la investigación que permite al investigador realizar la selección de unidades representativas con la final de obtener la información requerida para la investigación.” (p. 34).

Como resultado, en el párrafo anterior se realizó un experimento aleatorio de no probabilidad, eligiendo las zonas pendientes más representativas

3.3.4. Unidad de análisis:

Hernández y otros (2014) menciona que indican a quienes vamos aplicar el instrumento de medición. (pág. 183). En nuestra investigación a unidad de análisis son las zonas de pendiente de una calle con pavimento asfáltico.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica: Observación directa

Carrasco (2005), considera que “es una acción de carácter intencional con la finalidad de recabar información objetiva y precisa de las características de la unidad de análisis”. (p.283)

En la presente investigación se aplicará la técnica de la observación directa para recopilar información.

3.4.2. Instrumentos: Fichas de recopilación de datos

Cabezas et al. (2018) recolección de datos es recoger información que posteriormente el investigador puede trasladar a una ficha.

Para presente investigación el instrumento a utilizar será la ficha de recolección de datos el cual es elaborado por el investigador, equipos de ensayo e instrumentos de laboratorio.

3.4.3. Validez

Para Hernández et al (2014) es la cualidad que deben poseer las herramientas de recolección de datos para realizar la medición de variables desde una perspectiva objetiva, veraz y auténtica. (pág. 158).

Se utilizó el juicio de expertos para determinar la validez del instrumento para la presente tesis. Las variables se valoraron de acuerdo con los rangos de validez enumerados en la Tabla 11 y el índice de validez se calculó promediando estas asignaciones

Tabla 11
Parámetros de validez

| <i>Rango</i> | <i>Magnitud</i> |
|--------------|-----------------|
| 0.81 – 1.00 | <i>Muy alta</i> |
| 0.61 – 0.80 | <i>alta</i> |
| 0.41 – 0.60 | <i>Moderada</i> |
| 0.21 – 0.40 | <i>Baja</i> |
| 0.01 – 0.20 | <i>Muy baja</i> |

Fuente: Ruiz (2013)

Se utilizó el juicio de tres expertos para determinar la validez del contenido de las variables V1, zonas dependientes y V2 del instrumento, comportamiento estructural del pavimento asfáltico.

Tabla 12
Validez de la investigación

| N° | Grado académico | Nombre y Apellidos | CIP | Dictamen |
|-----------|------------------------|-------------------------------|------------|-----------------|
| 1 | Ing. Civil | Roberto Vivanco Pinto | 58214 | 1.00 |
| 2 | Ing. Civil | Jesús Valentín Camacho flores | 157657 | 1.00 |
| 3 | Ing. Civil | Vidal Humberto Quispe | 109336 | 1.00 |

Fuente: Propia

La validación realizada arrojó un resultado de 1,00, lo que le otorga una validez muy alta en comparación con la Tabla 11.

3.4.2 Confiabilidad.

Ruiz (2013) menciona que: “Es una característica técnica que mide el grado de utilidad de los instrumentos de medición donde exactitud juega un rol preponderante con lo que se puede decir que la confiabilidad es un equivalente a la predictibilidad y estabilidad” (p.83)

Tabla 13
Parámetros de Confiabilidad

| <i>Rango</i> | <i>Magnitud</i> |
|--------------|-----------------|
| 0.81 – 1.00 | <i>Muy alta</i> |
| 0.61 – 0.80 | <i>alta</i> |
| 0.41 – 0.60 | <i>Moderada</i> |
| 0.21 – 0.40 | <i>Baja</i> |
| 0.01 – 0.20 | <i>Muy baja</i> |

Fuente: Ruiz (2013)

3.5 Procedimientos

3.5.1 Estudios previos.

Estudios Topográficos.

Utilizando un eclímetro Modelo Ts06 R400, se adjunta al plano de ubicación el debidamente calibrado, se elaboró el levantamiento topográfico con el objetivo de poder determinar el valor de la pendiente de cada línea que conforma el Jr. David Samanes Ocampo (anexo 4)

Estudios de tráfico

Durante siete días de 5:00 am a 22:00 pm del 31 de mayo de 2021 al 6 de junio de 2021, en el Jr. David Samanes Ocampo se ejecutó un sistema de control de flujo vehicular (ver anexo). El propósito del control fue para determinar el número de repeticiones de ejes igual a 8.2 toneladas, y se requirió de 02 personas para cumplir

con los formatos establecidos por el ministerio de transportes y comunicaciones para realizar el control.

Estudios de deflectometría.

La viga Benkelman de doble brazo, que se basa en la lectura de medidas tomadas de diales, se utilizó para determinar las deflexiones y el radio de curvatura. A partir de estas mediciones se obtuvieron dos valores en cada punto donde se evaluó el pavimento en la zona de pendiente, la medición se desarrolló cada 10 m en las zona de pendiente N°01 de la progresiva km 00+000 a la progresiva km 00+150 y a cada 10 m en la zona de pendiente N°02 de la progresiva km 00+150 a la progresiva km 00+270 y cada 10 metros en la zona de pendiente N°03 de la progresiva km 00+270 a la progresiva km 00+374

Las distancias desde el punto de apoyo del estudio para nuestra investigación se tomaron a 0.75 m ya que el ancho promedio del carril de la vía es de 3,50 m según la tabla.

Se Utilizó un vehículo cuyo eje trasero pesa 8,2 toneladas y se distribuye a lo largo de las ruedas radiales con llantas de caucho de 10"x10" inflada a 56 kilogramos por cm².

En el desarrollo de este estudio se utilizó la viga Benkelman (se adjunta certificado de calibración), un carro, un termómetro digital, un cabrestante de 30 metros, 1/4 de galón de pintura, cuatro conos, mesas de sellado y dos woki tokis. Se requirieron dos vigas para su ejecución: una para tomar notas de datos y otra para leer los diales de la viga Benkelman.

3.6 Método y análisis de datos

3.6.1 Determinación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de pendiente

Medición de deflexiones

- a) Se tomo medidas con la viga Benkelman en 3 zonas de pendiente donde nos dieron las siguientes lecturas

Zona de pendiente N°01, Se recolectaron 45 puntos de datos en esta área en los carriles derecho, izquierdo y eje; esta pista tiene una pendiente del 6 por ciento y una longitud de 150 metros; estos parámetros se obtuvieron del levantamiento topográfico.

Tabla 14
Lecturas en zona de pendiente N°01

| DATOS DE CAMPO | | | | | |
|----------------|---------|---------------------|----------|------------------|-----|
| PENDIENTE N°01 | | PENDIENTE N°01 = 6% | | TRAMO N°01=150 m | |
| N ^a | PROGR. | LADO | Temp Pav | lectura de campo | |
| | Km. | | °C | $E^{-2} mm$ | |
| | | | | L 0 | L25 |
| 1 | 000+010 | DER | 32.5 | 11 | 2 |
| 2 | 000+010 | EJE | 32.5 | 10 | 3 |
| 3 | 000+010 | IZQ | 32.5 | 10 | 4 |
| 4 | 000+020 | DER | 32.0 | 9 | 1 |
| 5 | 000+020 | EJE | 32.0 | 8 | 2 |
| 6 | 000+020 | IZQ | 32.0 | 10 | 3 |
| 7 | 000+030 | DER | 33.0 | 10 | 2 |
| 8 | 000+030 | EJE | 33.0 | 9 | 1 |
| 9 | 000+030 | IZQ | 33.0 | 11 | 4 |
| 10 | 000+040 | DER | 32.5 | 9 | 1 |
| 11 | 000+040 | EJE | 32.5 | 8 | 2 |
| 12 | 000+040 | IZQ | 32.5 | 10 | 3 |
| 13 | 000+050 | DER | 32.5 | 29 | 12 |
| 14 | 000+050 | EJE | 32.5 | 28 | 11 |
| 15 | 000+050 | IZQ | 32.5 | 29 | 11 |
| 16 | 000+060 | DER | 32.4 | 18 | 11 |
| 17 | 000+060 | EJE | 32.4 | 22 | 16 |
| 18 | 000+060 | IZQ | 32.4 | 20 | 14 |
| 19 | 000+070 | DER | 32.5 | 16 | 11 |
| 20 | 000+070 | EJE | 32.5 | 18 | 11 |
| 21 | 000+070 | IZQ | 32.5 | 19 | 13 |
| 22 | 000+080 | DER | 32.5 | 40 | 19 |
| 23 | 000+080 | EJE | 32.5 | 38 | 20 |
| 24 | 000+080 | IZQ | 32.5 | 36 | 16 |
| 25 | 000+090 | DER | 32.4 | 37 | 19 |
| 26 | 000+090 | EJE | 32.4 | 35 | 16 |
| 27 | 000+090 | IZQ | 32.4 | 38 | 16 |
| 28 | 000+100 | DER | 32.5 | 22 | 15 |
| 29 | 000+100 | EJE | 32.5 | 20 | 13 |
| 30 | 000+100 | IZQ | 32.5 | 17 | 10 |
| 31 | 000+110 | DER | 32.5 | 24 | 14 |

| | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|
| 32 | 000+110 | EJE | 32.5 | 27 | 13 |
| 33 | 000+110 | IZQ | 32.5 | 22 | 11 |
| 34 | 000+120 | DER | 32.5 | 29 | 12 |
| 35 | 000+120 | EJE | 32.5 | 30 | 15 |
| 36 | 000+120 | IZQ | 32.5 | 28 | 14 |
| 37 | 000+130 | DER | 32.5 | 23 | 10 |
| 38 | 000+130 | EJE | 32.5 | 38 | 21 |
| 39 | 000+130 | IZQ | 32.5 | 36 | 18 |
| 40 | 000+140 | DER | 32.5 | 40 | 19 |
| 41 | 000+140 | EJE | 32.5 | 38 | 20 |
| 42 | 000+140 | IZQ | 32.5 | 34 | 14 |
| 43 | 000+150 | DER | 32.5 | 29 | 16 |
| 44 | 000+150 | EJE | 32.5 | 26 | 10 |
| 45 | 000+150 | IZQ | 32.5 | 22 | 12 |

Fuente: Propia

Zona de pendiente N°02, se tomó 36 datos en el carril derecho, en el eje, y el carril izquierdo, Este tramo tiene una pendiente de 5 % y una longitud de 120 m, parámetros obtenidos de levamiento topográfico.

Tabla 15

Lecturas en zona de pendiente N°02

| DATOS DE CAMPO | | | | | |
|----------------|---------|-------------------|----------|------------------|-------------------|
| PENDIENTE N°02 | | PENDIENTE N°02=5% | | TRAMO N°2=120 m | |
| N° | PROGR. | LADO | Temp Pav | LECTURA DE CAMPO | |
| | Km. | | | °C | E ² mm |
| | | | | L 0 | L25 |
| 1 | 000+160 | DER | 33.0 | 12 | 2 |
| 2 | 000+160 | EJE | 33.0 | 10 | 2 |
| 3 | 000+160 | IZQ | 33.0 | 9 | 1 |
| 4 | 000+170 | DER | 32.8 | 4 | 2 |
| 5 | 000+170 | EJE | 32.8 | 7 | 2 |
| 6 | 000+170 | IZQ | 32.8 | 10 | 3 |
| 7 | 000+180 | DER | 33.0 | 30 | 14 |
| 8 | 000+180 | EJE | 33.0 | 36 | 15 |
| 9 | 000+180 | IZQ | 33.0 | 21 | 13 |
| 10 | 000+190 | DER | 32.5 | 30 | 14 |
| 11 | 000+190 | EJE | 32.5 | 34 | 15 |
| 12 | 000+190 | IZQ | 32.5 | 37 | 18 |
| 13 | 000+200 | DER | 33.0 | 32 | 24 |
| 14 | 000+200 | EJE | 33.0 | 40 | 18 |
| 15 | 000+200 | IZQ | 33.0 | 32 | 15 |

| | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|
| 16 | 000+210 | DER | 32.5 | 45 | 35 |
| 17 | 000+210 | EJE | 32.5 | 44 | 30 |
| 18 | 000+210 | IZQ | 32.5 | 48 | 34 |
| 19 | 000+220 | DER | 33.0 | 35 | 13 |
| 20 | 000+220 | EJE | 33.0 | 30 | 17 |
| 21 | 000+220 | IZQ | 33.0 | 28 | 16 |
| 22 | 000+230 | DER | 33.5 | 20 | 15 |
| 23 | 000+230 | EJE | 33.5 | 22 | 16 |
| 24 | 000+230 | IZQ | 33.5 | 19 | 13 |
| 25 | 000+240 | DER | 33.2 | 24 | 16 |
| 26 | 000+240 | EJE | 33.2 | 21 | 15 |
| 27 | 000+240 | IZQ | 33.2 | 22 | 14 |
| 28 | 000+250 | DER | 33.0 | 19 | 13 |
| 29 | 000+250 | EJE | 33.0 | 20 | 14 |
| 30 | 000+250 | IZQ | 33.0 | 21 | 16 |
| 31 | 000+260 | DER | 32.8 | 22 | 16 |
| 32 | 000+260 | EJE | 32.8 | 24 | 13 |
| 33 | 000+260 | IZQ | 32.8 | 19 | 13 |
| 34 | 000+270 | DER | 32.9 | 21 | 12 |
| 35 | 000+270 | EJE | 32.9 | 23 | 15 |
| 36 | 000+270 | IZQ | 32.9 | 25 | 16 |

Fuente: Propia

Zona de pendiente N°03, se tomó 33 datos en el carril derecho, en el eje, y el carril izquierdo, Este tramo tiene una pendiente de 4 % y una longitud de 104 m, parámetros obtenidos de levamiento topográfico...

Tabla 16
Lecturas en zona de pendiente N°03

| DATOS DE CAMPO | | | | | |
|-----------------------|---------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|------------|
| PENDIENTE N°03 | | PENDIENTE N°03=4% | | TRAMO N°03=104 m | |
| N^a | PROGR. | LADO | Temp Pav | Lectura De Campo | |
| | Km. | | °C | L 0 | L25 |
| 1 | 000+280 | DER | 33.0 | 34 | 15 |
| 2 | 000+280 | EJE | 33.0 | 32 | 14 |
| 3 | 000+280 | IZQ | 33.0 | 46 | 28 |
| 4 | 000+290 | DER | 32.8 | 30 | 18 |
| 5 | 000+290 | EJE | 32.8 | 31 | 15 |
| 6 | 000+290 | IZQ | 32.8 | 34 | 14 |
| 7 | 000+300 | DER | 32.9 | 45 | 37 |
| 8 | 000+300 | EJE | 32.9 | 44 | 32 |
| 9 | 000+300 | IZQ | 32.9 | 41 | 28 |

| | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|
| 10 | 000+310 | DER | 32.6 | 25 | 13 |
| 11 | 000+310 | EJE | 32.6 | 20 | 14 |
| 12 | 000+310 | IZQ | 32.6 | 19 | 14 |
| 13 | 000+320 | DER | 32.5 | 32 | 18 |
| 14 | 000+320 | EJE | 32.5 | 27 | 16 |
| 15 | 000+320 | IZQ | 32.5 | 24 | 15 |
| 16 | 000+330 | DER | 32.5 | 22 | 15 |
| 17 | 000+330 | EJE | 32.5 | 21 | 13 |
| 18 | 000+330 | IZQ | 32.5 | 25 | 15 |
| 19 | 000+340 | DER | 32.7 | 27 | 16 |
| 20 | 000+340 | EJE | 32.7 | 23 | 15 |
| 21 | 000+340 | IZQ | 32.7 | 21 | 13 |
| 22 | 000+350 | DER | 32.8 | 20 | 14 |
| 23 | 000+350 | EJE | 32.8 | 23 | 12 |
| 24 | 000+350 | IZQ | 32.8 | 21 | 13 |
| 25 | 000+360 | DER | 33.0 | 28 | 14 |
| 26 | 000+360 | EJE | 33.0 | 29 | 15 |
| 27 | 000+360 | IZQ | 33.0 | 32 | 16 |
| 28 | 000+370 | DER | 32.8 | 35 | 18 |
| 29 | 000+370 | EJE | 32.8 | 32 | 18 |
| 30 | 000+370 | IZQ | 32.8 | 30 | 16 |
| 31 | 000+374 | DER | 33.0 | 24 | 14 |
| 32 | 000+374 | EJE | 33.0 | 25 | 16 |
| 33 | 000+374 | IZQ | 33.0 | 22 | 13 |

Fuente: propia

- b) Después de recibir la lectura en las tres zonas pendientes se procede al calculo mediante el (Ec.2.1)

Cálculo de D_0 y D_{25} en la zona de pendiente N°01

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 11 * 4$$

$$D_{0_1} = 44$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 2 * 4$$

$$D_{25_1} = 8$$

Se usó el mismo proceso para los 45 puntos de datos en la Tabla 14

Cálculo de D_0 y D_{25} en la zona de pendiente N°02

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 12 * 4$$

$$D_{0_1} = 48$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 2 * 4$$

$$D_{25_1} = 8$$

Se usó el mismo proceso para los 36 puntos de datos en la Tabla 15

Cálculo de D_0 y D_{25} en la zona de pendiente N°03

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 34 * 4$$

$$D_{0_1} = 136$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 15 * 4$$

$$D_{25_1} = 60$$

Se usó el mismo proceso para los 33 puntos de datos en la Tabla 16

- c) Se procede a realizar las correcciones de temperatura y de estacionalidad

Corrección de Temperatura para D_0 y D_{25} en la zona de pendiente N°01

$$D_{(20^\circ C)} = \frac{D_t}{K(t - 20).e + 1}$$

$$D_{0_1} = \frac{44}{0.001(32.50 - 20).10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 39.11$$

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_t}{K(t - 20). e + 1}$$

$$D_{25_1} = \frac{8}{0.001(32.50 - 20). 10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 7.11$$

Se usó el mismo proceso para los 45 puntos de datos en la Tabla 14

Corrección de Temperatura para D₀ y D₂₅ en la zona de pendiente N°02

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_t}{K(t - 20). e + 1}$$

$$D_{0_1} = \frac{48}{0.001(33 - 20). 10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 42.48$$

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_t}{K(t - 20). e + 1}$$

$$D_{25_1} = \frac{8}{0.001(33 - 20). 10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 7.08$$

Se usó el mismo proceso para los 36 puntos de datos en la Tabla 15

Corrección de Temperatura para D₀ y D₂₅ en la zona de pendiente N°03

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_t}{K(t - 20). e + 1}$$

$$D_{0_1} = \frac{136}{0.001(33 - 20). 10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 120.35$$

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_t}{K(t - 20). e + 1}$$

$$D_{25_1} = \frac{60}{0.001(33 - 20) \cdot 10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 53.10$$

Se usó el mismo proceso para los 33 puntos de datos en la Tabla 16

d) Se procede a calcular los siguientes parámetros

i. **Deflexión Promedio,**

zona de pendiente N°01

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 82.42 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°02

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 88.19 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°03

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 101.44 \times 10^{-2} mm$$

ii. Desviación estándar

zona de pendiente N°01

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

$$\sigma = 37.487 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°02

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

$$\sigma = 38.18 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°03

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

$$\sigma = 26.28 \times 10^{-2} mm$$

iii. Coeficiente de Variación

zona de pendiente N°01

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$$

$$cv = \frac{37.487}{82.42} * 100$$

$$cv = 45.48\%$$

zona de pendiente N°02

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$$

$$cv = \frac{38.18}{88.19} * 100$$

$$cv = 43.30\%$$

zona de pendiente N°03

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$$

$$cv = \frac{26.28}{101.44} * 100$$

$$cv = 25.90\%$$

iv. Deflexión característica

zona de pendiente N°01

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$D_c = 82.42 + 1.282 * 37.487$$

$$D_c = 130.48 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°02

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$D_c = 88.19 + 1.282 * 38.18$$

$$D_c = 137.14 \times 10^{-2} mm$$

zona de pendiente N°03

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$D_c = 101.44 + 1.282 * 26.28$$

$$D_c = 135.12 \times 10^{-2} \text{mm}$$

v. Deflexión admisible,

$$N_{18} = IMD * 365 * fc * fd * fdcarr * G$$

cálculo de IMD.

Tabla 17

IMD de vehículos

| <i>Tipo de Vehículo</i> | B2 | B3-1 | C2 | C3 | C4 | T2S1 | T2S2 | T2S3 | T3S1 | T3S2 | T3S3 | C2R2 | C2R3 | C3R2 | C3R3 |
|-------------------------|----|------|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IMD | 0 | 0 | 24 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: propia

Calculo del factor de carga

Tabla 18

Relación de carga por EE

| | | | | | | |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|----------|------------|
| <i>Carga de Vehículo por eje</i> | 7 | 11 | 16 | 18 | 23 | 25 |
| <i>Eje Equivalente (EE 2.8 Tn)</i> | 1.265367 | 3.23829 | 1.26059 | 2.01921 | 1.508184 | 1.70602625 |

Fuente: propia

Se eligió el valor de 0,5 para determinar el factor direccional con referencia a la Tabla 6.

El valor de 1,0 se utilizó para calcular el factor de distribución de Carril con referencia a la Tabla 6.

El factor de crecimiento se toma un periodo de diseño de 10 años y tasa de crecimiento vehicular de 6.00%

$$G = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$G = \frac{(1 + 0.06)^{10} - 1}{0.06} \quad G = 13.18$$

El numero equivalente de ejes de 8.2 tn

Tabla 19
Número equivalente de ejes

| TIPO DE VEHÍCULO | CARGA DE VEHÍCULO POR EJE | EJE EQUIVALENTE (EE 2.8 TN) | IMDA | IMDA * FC | DIAS DEL AÑO | Fd | fd carr | G | N18 |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------|------------------|---------------------|-----------|----------------|----------|------------|
| B2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| B3-1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0.0000 |
| | 16 | 1.260585019 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C2 | 7 | 1.265366749 | 24 | 30.368802 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 73052.0036 |
| | 11 | 3.238286961 | 24 | 77.7188871 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 186952.4 |
| C3 | 7 | 1.265366749 | 7 | 8.85756724 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 21306.8344 |
| | 18 | 2.019213454 | 7 | 14.1344942 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 34000.4562 |
| C4 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 23 | 1.508183597 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 25 | 1.706026248 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|------|----|-------------|---|---|-----|-----|---|-------|-----|------------|
| | 25 | 1.706026248 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| C2R2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| C2R3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| C3R2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| C3R3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 10 | 2.211793566 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 | |
| | | | | | | | | | N18 | 315311.694 |

Fuente: propia

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^4$$

$$D_a = \left(\frac{1.15}{0.315}\right)^4$$

$$D_a = 138.19 \times 10^{-2} \text{mm}$$

vi. Deflexión Crítica

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{5.3}$$

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{0.315}\right)^{5.3}$$

$$D_{CR} = 140.33 \times 10^{-2} \text{mm}$$

3.6.2 Cálculo de la variación de la deformación lineal

Zona de pendiente N°01

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (39.11 - 7.11)}$$

$$R_C = 97.66 \text{ m}$$

Se siguió el mismo procedimiento para los 45 puntos de datos basados en la temperatura del pavimento (ver Tabla 20).

Tabla 20

Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°01

| PENDIENTE N°01 | | PENDIENTE = 6% | | | | LONG. TRAMO 01 =150 m | | | | RADIO DE CURVATURA (m) |
|----------------|---------|----------------|----------------|--|-----|-----------------------------------|------|--|-------|------------------------|
| N° | PROGR. | LADO | Temp Pav °C | LECTURA DE CAMPO E ⁻² mm | | DEFLEXIONES E ⁻² mm | | DEFLEXIONES CORREGIDAS E ⁻² mm | | |
| | Km. | | | L 0 | L25 | D 0 | D 25 | D 0 | D 25 | |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 000+010 | DER | 32.5 | 11 | 2 | 44 | 8 | 39.11 | 7.11 | 97.66 |
| 2 | 000+010 | EJE | 32.5 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.56 | 10.67 | 125.56 |
| 3 | 000+010 | IZQ | 32.5 | 10 | 4 | 40 | 16 | 35.56 | 14.22 | 146.48 |
| 4 | 000+020 | DER | 32.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 32.14 | 3.57 | 109.38 |
| 5 | 000+020 | EJE | 32.0 | 8 | 2 | 32 | 8 | 28.57 | 7.14 | 145.83 |
| 6 | 000+020 | IZQ | 32.0 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.71 | 10.71 | 125.00 |
| 7 | 000+030 | DER | 33.0 | 10 | 2 | 40 | 8 | 35.40 | 7.08 | 110.35 |
| 8 | 000+030 | EJE | 33.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 31.86 | 3.54 | 110.35 |
| 9 | 000+030 | IZQ | 33.0 | 11 | 4 | 44 | 16 | 38.94 | 14.16 | 126.12 |
| 10 | 000+040 | DER | 32.5 | 9 | 1 | 36 | 4 | 32.00 | 3.56 | 109.86 |
| 11 | 000+040 | EJE | 32.5 | 8 | 2 | 32 | 8 | 28.44 | 7.11 | 146.48 |
| 12 | 000+040 | IZQ | 32.5 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.56 | 10.67 | 125.56 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|----|--------|-------|--------|
| 13 | 000+050 | DER | 32.5 | 29 | 12 | 116 | 48 | 103.11 | 42.67 | 51.70 |
| 14 | 000+050 | EJE | 32.5 | 28 | 11 | 112 | 44 | 99.56 | 39.11 | 51.70 |
| 15 | 000+050 | IZQ | 32.5 | 29 | 11 | 116 | 44 | 103.11 | 39.11 | 48.83 |
| 16 | 000+060 | DER | 32.4 | 18 | 11 | 72 | 44 | 64.06 | 39.15 | 125.45 |
| 17 | 000+060 | EJE | 32.4 | 22 | 16 | 88 | 64 | 78.29 | 56.94 | 146.35 |
| 18 | 000+060 | IZQ | 32.4 | 20 | 14 | 80 | 56 | 71.17 | 49.82 | 146.35 |
| 19 | 000+070 | DER | 32.5 | 16 | 11 | 64 | 44 | 56.89 | 39.11 | 175.78 |
| 20 | 000+070 | EJE | 32.5 | 18 | 11 | 72 | 44 | 64.00 | 39.11 | 125.56 |
| 21 | 000+070 | IZQ | 32.5 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.56 | 46.22 | 146.48 |
| 22 | 000+080 | DER | 32.5 | 40 | 19 | 160 | 76 | 142.22 | 67.56 | 41.85 |
| 23 | 000+080 | EJE | 32.5 | 38 | 20 | 152 | 80 | 135.11 | 71.11 | 48.83 |
| 24 | 000+080 | IZQ | 32.5 | 36 | 16 | 144 | 64 | 128.00 | 56.89 | 43.95 |
| 25 | 000+090 | DER | 32.4 | 37 | 19 | 148 | 76 | 131.67 | 67.62 | 48.78 |
| 26 | 000+090 | EJE | 32.4 | 35 | 16 | 140 | 64 | 124.56 | 56.94 | 46.22 |
| 27 | 000+090 | IZQ | 32.4 | 38 | 16 | 152 | 64 | 135.23 | 56.94 | 39.91 |
| 28 | 000+100 | DER | 32.5 | 22 | 15 | 88 | 60 | 78.22 | 53.33 | 125.56 |
| 29 | 000+100 | EJE | 32.5 | 20 | 13 | 80 | 52 | 71.11 | 46.22 | 125.56 |
| 30 | 000+100 | IZQ | 32.5 | 17 | 10 | 68 | 40 | 60.44 | 35.56 | 125.56 |
| 31 | 000+110 | DER | 32.5 | 24 | 14 | 96 | 56 | 85.33 | 49.78 | 87.89 |
| 32 | 000+110 | EJE | 32.5 | 27 | 13 | 108 | 52 | 96.00 | 46.22 | 62.78 |
| 33 | 000+110 | IZQ | 32.5 | 22 | 11 | 88 | 44 | 78.22 | 39.11 | 79.90 |
| 34 | 000+120 | DER | 32.5 | 29 | 12 | 116 | 48 | 103.11 | 42.67 | 51.70 |
| 35 | 000+120 | EJE | 32.5 | 30 | 15 | 120 | 60 | 106.67 | 53.33 | 58.59 |
| 36 | 000+120 | IZQ | 32.5 | 28 | 14 | 112 | 56 | 99.56 | 49.78 | 62.78 |
| 37 | 000+130 | DER | 32.5 | 23 | 10 | 92 | 40 | 81.78 | 35.56 | 67.61 |
| 38 | 000+130 | EJE | 32.5 | 38 | 21 | 152 | 84 | 135.11 | 74.67 | 51.70 |
| 39 | 000+130 | IZQ | 32.5 | 36 | 18 | 144 | 72 | 128.00 | 64.00 | 48.83 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|----|--------|-------|-------|
| 40 | 000+140 | DER | 32.5 | 40 | 19 | 160 | 76 | 142.22 | 67.56 | 41.85 |
| 41 | 000+140 | EJE | 32.5 | 38 | 20 | 152 | 80 | 135.11 | 71.11 | 48.83 |
| 42 | 000+140 | IZQ | 32.5 | 34 | 14 | 136 | 56 | 120.89 | 49.78 | 43.95 |
| 43 | 000+150 | DER | 32.5 | 29 | 16 | 116 | 64 | 103.11 | 56.89 | 67.61 |
| 44 | 000+150 | EJE | 32.5 | 26 | 10 | 104 | 40 | 92.44 | 35.56 | 54.93 |
| 45 | 000+150 | IZQ | 32.5 | 22 | 12 | 88 | 48 | 78.22 | 42.67 | 87.89 |

Fuente: propia

zona de pendiente N°02

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (42.48 - 7.08)}$$

$$R_C = 88.28$$

Se siguió el mismo procedimiento para los 36 puntos de datos basados en la temperatura del pavimento (ver Tabla 21).

Tabla 21

Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°02

| PENDIENTE N°02 | | PENDIENTE =5 % | | | | LONG =120 m | | | | RADIO DE CURVATURA (m) |
|----------------|---------|----------------|----------|--------------------|-----|--------------------|------|------------------------|------|------------------------|
| N ^a | PROGR. | LADO | Temp Pav | LECTURA DE CAMPO | | DEFLEXIONES | | DEFLEXIONES CORREGIDAS | | |
| | | | | E ⁻² mm | | E ⁻² mm | | E ⁻² mm | | |
| | Km. | | °C | L 0 | L25 | D 0 | D 25 | D 0 | D 25 | |
| 1 | 000+160 | DER | 33.0 | 12 | 2 | 48 | 8 | 42.48 | 7.08 | 88.28 |
| 2 | 000+160 | EJE | 33.0 | 10 | 2 | 40 | 8 | 35.40 | 7.08 | 110.35 |
| 3 | 000+160 | IZQ | 33.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 31.86 | 3.54 | 110.35 |
| 4 | 000+170 | DER | 32.8 | 4 | 2 | 16 | 8 | 14.18 | 7.09 | 440.63 |
| 5 | 000+170 | EJE | 32.8 | 7 | 2 | 28 | 8 | 24.82 | 7.09 | 176.25 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|-----|--------|--------|---------|
| 6 | 000+170 | IZQ | 32.8 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.46 | 10.64 | 125.89 |
| 7 | 000+180 | DER | 33.0 | 14 | 23 | 56 | 92 | 49.56 | 81.42 | - 98.09 |
| 8 | 000+180 | EJE | 33.0 | 36 | 15 | 144 | 60 | 127.43 | 53.10 | 42.04 |
| 9 | 000+180 | IZQ | 33.0 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.34 | 46.02 | 110.35 |
| 10 | 000+190 | DER | 32.5 | 30 | 14 | 120 | 56 | 106.67 | 49.78 | 54.93 |
| 11 | 000+190 | EJE | 32.5 | 34 | 15 | 136 | 60 | 120.89 | 53.33 | 46.26 |
| 12 | 000+190 | IZQ | 32.5 | 37 | 18 | 148 | 72 | 131.56 | 64.00 | 46.26 |
| 13 | 000+200 | DER | 33.0 | 32 | 24 | 128 | 96 | 113.27 | 84.96 | 110.35 |
| 14 | 000+200 | EJE | 33.0 | 40 | 18 | 160 | 72 | 141.59 | 63.72 | 40.13 |
| 15 | 000+200 | IZQ | 33.0 | 32 | 15 | 128 | 60 | 113.27 | 53.10 | 51.93 |
| 16 | 000+210 | DER | 32.5 | 45 | 35 | 180 | 140 | 160.00 | 124.44 | 87.89 |
| 17 | 000+210 | EJE | 32.5 | 44 | 30 | 176 | 120 | 156.44 | 106.67 | 62.78 |
| 18 | 000+210 | IZQ | 32.5 | 48 | 34 | 192 | 136 | 170.67 | 120.89 | 62.78 |
| 19 | 000+220 | DER | 33.0 | 35 | 13 | 140 | 52 | 123.89 | 46.02 | 40.13 |
| 20 | 000+220 | EJE | 33.0 | 30 | 17 | 120 | 68 | 106.19 | 60.18 | 67.91 |
| 21 | 000+220 | IZQ | 33.0 | 28 | 16 | 112 | 64 | 99.12 | 56.64 | 73.57 |
| 22 | 000+230 | DER | 33.5 | 20 | 15 | 80 | 60 | 70.48 | 52.86 | 177.34 |
| 23 | 000+230 | EJE | 33.5 | 22 | 16 | 88 | 64 | 77.53 | 56.39 | 147.79 |
| 24 | 000+230 | IZQ | 33.5 | 19 | 13 | 76 | 52 | 66.96 | 45.81 | 147.79 |
| 25 | 000+240 | DER | 33.2 | 24 | 16 | 96 | 64 | 84.81 | 56.54 | 110.55 |
| 26 | 000+240 | EJE | 33.2 | 21 | 15 | 84 | 60 | 74.20 | 53.00 | 147.40 |
| 27 | 000+240 | IZQ | 33.2 | 22 | 14 | 88 | 56 | 77.74 | 49.47 | 110.55 |
| 28 | 000+250 | DER | 33.0 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.26 | 46.02 | 147.14 |
| 29 | 000+250 | EJE | 33.0 | 20 | 14 | 80 | 56 | 70.80 | 49.56 | 147.14 |
| 30 | 000+250 | IZQ | 33.0 | 21 | 16 | 84 | 64 | 74.34 | 56.64 | 176.56 |
| 31 | 000+260 | DER | 32.8 | 22 | 16 | 88 | 64 | 78.01 | 56.74 | 146.88 |
| 32 | 000+260 | EJE | 32.8 | 24 | 13 | 96 | 52 | 85.11 | 46.10 | 80.11 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|----|-------|-------|--------|
| 33 | 000+260 | IZQ | 32.8 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.38 | 46.10 | 146.88 |
| 34 | 000+270 | DER | 32.9 | 21 | 12 | 84 | 48 | 74.40 | 42.52 | 98.00 |
| 35 | 000+270 | EJE | 32.9 | 23 | 15 | 92 | 60 | 81.49 | 53.14 | 110.25 |
| 36 | 000+270 | IZQ | 32.9 | 25 | 16 | 100 | 64 | 88.57 | 56.69 | 98.00 |

Fuente: Propia

zona de pendiente N°03

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (120.35 - 53.10)}$$

$$R_C = 46.46$$

Se siguió el mismo procedimiento para los 33 puntos de datos basados en la temperatura del pavimento (ver Tabla 22).

Tabla 22

Deflexión y radios de curvatura en la zona de pendiente N°03

| PENDIENTE N°03 | | PENDIENTE 03 = 4% | | | | LONG. TRAMO 03 =104 m | | | | RADIO DE CURVATURA (m) |
|----------------|---------|-------------------|----------|------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-------|------------------------|
| N ^a | PROGR. | LADO | Temp Pav | LECTURA DE CAMPO | | DEFLEXIONES | | DEFLEXIONES CORREGIDAS | | |
| | Km. | | | °C | L 0 | L25 | D 0 | D 25 | D 0 | |
| 1 | 000+280 | DER | 33.0 | 34 | 15 | 136 | 60 | 120.35 | 53.10 | 46.46 |
| 2 | 000+280 | EJE | 33.0 | 32 | 14 | 128 | 56 | 113.27 | 49.56 | 49.05 |
| 3 | 000+280 | IZQ | 33.0 | 46 | 28 | 184 | 112 | 162.83 | 99.12 | 49.05 |
| 4 | 000+290 | DER | 32.8 | 30 | 18 | 120 | 72 | 106.38 | 63.83 | 73.44 |
| 5 | 000+290 | EJE | 32.8 | 31 | 15 | 124 | 60 | 109.93 | 53.19 | 55.08 |
| 6 | 000+290 | IZQ | 32.8 | 34 | 14 | 136 | 56 | 120.57 | 49.65 | 44.06 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|-----|--------|--------|--------|
| 7 | 000+300 | DER | 32.9 | 45 | 37 | 180 | 148 | 159.43 | 131.09 | 110.25 |
| 8 | 000+300 | EJE | 32.9 | 44 | 32 | 176 | 128 | 155.89 | 113.37 | 73.50 |
| 9 | 000+300 | IZQ | 32.9 | 41 | 28 | 164 | 112 | 145.26 | 99.20 | 67.85 |
| 10 | 000+310 | DER | 32.6 | 25 | 13 | 100 | 52 | 88.81 | 46.18 | 73.31 |
| 11 | 000+310 | EJE | 32.6 | 20 | 14 | 80 | 56 | 71.05 | 49.73 | 146.61 |
| 12 | 000+310 | IZQ | 32.6 | 19 | 14 | 76 | 56 | 67.50 | 49.73 | 175.94 |
| 13 | 000+320 | DER | 32.5 | 32 | 18 | 128 | 72 | 113.78 | 64.00 | 62.78 |
| 14 | 000+320 | EJE | 32.5 | 27 | 16 | 108 | 64 | 96.00 | 56.89 | 79.90 |
| 15 | 000+320 | IZQ | 32.5 | 24 | 15 | 96 | 60 | 85.33 | 53.33 | 97.66 |
| 16 | 000+330 | DER | 32.5 | 22 | 15 | 88 | 60 | 78.22 | 53.33 | 125.56 |
| 17 | 000+330 | EJE | 32.5 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.67 | 46.22 | 109.86 |
| 18 | 000+330 | IZQ | 32.5 | 25 | 15 | 100 | 60 | 88.89 | 53.33 | 87.89 |
| 19 | 000+340 | DER | 32.7 | 27 | 16 | 108 | 64 | 95.83 | 56.79 | 80.04 |
| 20 | 000+340 | EJE | 32.7 | 23 | 15 | 92 | 60 | 81.63 | 53.24 | 110.06 |
| 21 | 000+340 | IZQ | 32.7 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.53 | 46.14 | 110.06 |
| 22 | 000+350 | DER | 32.8 | 20 | 14 | 80 | 56 | 70.92 | 49.65 | 146.88 |
| 23 | 000+350 | EJE | 32.8 | 23 | 12 | 92 | 48 | 81.56 | 42.55 | 80.11 |
| 24 | 000+350 | IZQ | 32.8 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.47 | 46.10 | 110.16 |
| 25 | 000+360 | DER | 33.0 | 28 | 14 | 112 | 56 | 99.12 | 49.56 | 63.06 |
| 26 | 000+360 | EJE | 33.0 | 29 | 15 | 116 | 60 | 102.65 | 53.10 | 63.06 |
| 27 | 000+360 | IZQ | 33.0 | 32 | 16 | 128 | 64 | 113.27 | 56.64 | 55.18 |
| 28 | 000+370 | DER | 32.8 | 35 | 18 | 140 | 72 | 124.11 | 63.83 | 51.84 |
| 29 | 000+370 | EJE | 32.8 | 32 | 18 | 128 | 72 | 113.48 | 63.83 | 62.95 |
| 30 | 000+370 | IZQ | 32.8 | 30 | 16 | 120 | 64 | 106.38 | 56.74 | 62.95 |
| 31 | 000+374 | DER | 33.0 | 24 | 14 | 96 | 56 | 84.96 | 49.56 | 88.28 |
| 32 | 000+374 | EJE | 33.0 | 25 | 16 | 100 | 64 | 88.50 | 56.64 | 98.09 |
| 33 | 000+374 | IZQ | 33.0 | 22 | 13 | 88 | 52 | 77.88 | 46.02 | 98.09 |

Fuente: propia

3.6.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural

Con los cálculos se tomó en consideración los criterios planteados por CONREVAL y DNER

Tabla 23
comportamiento estructural zona de pendiente N°01

| N° | Km | Deflexión Máxima | Deflexión admisible | Radio de Curvatura | Radio de Curvatura Mínimo | Tipo de Subrasante | Tipo de Pavimento | Calidad Estructural | Tipo de Deflexión |
|----|---------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| | | $\times 10^{-2}mm$ | $\times 10^{-2}mm$ | m | m | | | | |
| 1 | 000+010 | 39.11 | 138.19 | 100 | 97.66 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 2 | 000+010 | 35.56 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 3 | 000+010 | 35.56 | 138.19 | 100 | 146.48 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 4 | 000+020 | 32.14 | 138.19 | 100 | 109.38 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 5 | 000+020 | 28.57 | 138.19 | 100 | 145.83 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 6 | 000+020 | 35.71 | 138.19 | 100 | 125.00 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 7 | 000+030 | 35.40 | 138.19 | 100 | 110.35 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 8 | 000+030 | 31.86 | 138.19 | 100 | 110.35 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 9 | 000+030 | 38.94 | 138.19 | 100 | 126.12 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 10 | 000+040 | 32.00 | 138.19 | 100 | 109.86 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 11 | 000+040 | 28.44 | 138.19 | 100 | 146.48 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 12 | 000+040 | 35.56 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 13 | 000+050 | 103.11 | 138.19 | 100 | 51.70 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 14 | 000+050 | 99.56 | 138.19 | 100 | 51.70 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 15 | 000+050 | 103.11 | 138.19 | 100 | 48.83 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 16 | 000+060 | 64.06 | 138.19 | 100 | 125.45 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 17 | 000+060 | 78.29 | 138.19 | 100 | 146.35 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 18 | 000+060 | 71.17 | 138.19 | 100 | 146.35 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|--------|--------|-----|--------|-------|-------|----------------|----------|
| 19 | 000+070 | 56.89 | 138.19 | 100 | 175.78 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 20 | 000+070 | 64.00 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 21 | 000+070 | 67.56 | 138.19 | 100 | 146.48 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 22 | 000+080 | 142.22 | 138.19 | 100 | 41.85 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 23 | 000+080 | 135.11 | 138.19 | 100 | 48.83 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 24 | 000+080 | 128.00 | 138.19 | 100 | 43.95 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 25 | 000+090 | 131.67 | 138.19 | 100 | 48.78 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 26 | 000+090 | 124.56 | 138.19 | 100 | 46.22 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 27 | 000+090 | 135.23 | 138.19 | 100 | 39.91 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 28 | 000+100 | 78.22 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 29 | 000+100 | 71.11 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 30 | 000+100 | 60.44 | 138.19 | 100 | 125.56 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 31 | 000+110 | 85.33 | 138.19 | 100 | 87.89 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 32 | 000+110 | 96.00 | 138.19 | 100 | 62.78 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 33 | 000+110 | 78.22 | 138.19 | 100 | 79.90 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 34 | 000+120 | 103.11 | 138.19 | 100 | 51.70 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 35 | 000+120 | 106.67 | 138.19 | 100 | 58.59 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 36 | 000+120 | 99.56 | 138.19 | 100 | 62.78 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 37 | 000+130 | 81.78 | 138.19 | 100 | 67.61 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 38 | 000+130 | 135.11 | 138.19 | 100 | 51.70 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 39 | 000+130 | 128.00 | 138.19 | 100 | 48.83 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 40 | 000+140 | 142.22 | 138.19 | 100 | 41.85 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 41 | 000+140 | 135.11 | 138.19 | 100 | 48.83 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 42 | 000+140 | 120.89 | 138.19 | 100 | 43.95 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 43 | 000+150 | 103.11 | 138.19 | 100 | 67.61 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|-------|--------|-----|-------|-------|------|----------------|----------|
| 44 | 000+150 | 92.44 | 138.19 | 100 | 54.93 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
|----|---------|-------|--------|-----|-------|-------|------|----------------|----------|

Fuente: Propia

Tabla 24
comportamiento estructural zona de pendiente N°02

| N° | Km | Deflexión Máxima | Deflexión admisible | Radio de Curvatura | Radio de Curvatura Mínimo | Tipo de Subrasante | Tipo de Pavimento | Calidad Estructural | Tipo de Deflexión |
|----|---------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | | $\times 10^{-2}mm$ | $\times 10^{-2}mm$ | m | m | | | | |
| 1 | 000+160 | 42.48 | 138.19 | 88.28 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 2 | 000+160 | 35.40 | 138.19 | 110.35 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 3 | 000+160 | 31.86 | 138.19 | 110.35 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 4 | 000+170 | 14.18 | 138.19 | 440.63 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 5 | 000+170 | 24.82 | 138.19 | 176.25 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 6 | 000+170 | 35.46 | 138.19 | 125.89 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 7 | 000+180 | 106.19 | 138.19 | 55.18 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 8 | 000+180 | 127.43 | 138.19 | 42.04 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 9 | 000+180 | 74.34 | 138.19 | 110.35 | 100 | Bueno | Bueno | buena | Tipo I |
| 10 | 000+190 | 106.67 | 138.19 | 54.93 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 11 | 000+190 | 120.89 | 138.19 | 46.26 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 12 | 000+190 | 131.56 | 138.19 | 46.26 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 13 | 000+200 | 113.27 | 138.19 | 110.35 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 14 | 000+200 | 141.59 | 138.19 | 40.13 | 100 | Malo | Malo | mala | Tipo IV |
| 15 | 000+200 | 113.27 | 138.19 | 51.93 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 16 | 000+210 | 160.00 | 138.19 | 87.89 | 100 | Malo | Malo | mala | Tipo IV |
| 17 | 000+210 | 156.44 | 138.19 | 62.78 | 100 | Malo | Malo | mala | Tipo IV |
| 18 | 000+210 | 170.67 | 138.19 | 62.78 | 100 | Malo | Malo | mala | Tipo IV |
| 19 | 000+220 | 123.89 | 138.19 | 40.13 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 20 | 000+220 | 106.19 | 138.19 | 67.91 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 21 | 000+220 | 99.12 | 138.19 | 73.57 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|-------|--------|--------|-----|-------|-------|----------------|----------|
| 22 | 000+230 | 70.48 | 138.19 | 177.34 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 23 | 000+230 | 77.53 | 138.19 | 147.79 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 24 | 000+230 | 66.96 | 138.19 | 147.79 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 25 | 000+240 | 84.81 | 138.19 | 110.55 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 26 | 000+240 | 74.20 | 138.19 | 147.40 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 27 | 000+240 | 77.74 | 138.19 | 110.55 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 28 | 000+250 | 67.26 | 138.19 | 147.14 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 29 | 000+250 | 70.80 | 138.19 | 147.14 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 30 | 000+250 | 74.34 | 138.19 | 176.56 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 31 | 000+260 | 78.01 | 138.19 | 146.88 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 32 | 000+260 | 85.11 | 138.19 | 80.11 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 33 | 000+260 | 67.38 | 138.19 | 146.88 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 34 | 000+270 | 74.40 | 138.19 | 98.00 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 35 | 000+270 | 81.49 | 138.19 | 110.25 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 36 | 000+270 | 88.57 | 138.19 | 98.00 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |

Fuente Propia

Tabla 25
comportamiento estructural zona de pendiente N°03

| N° | Km | Deflexión Máxima | Deflexión admisible | Radio de Curvatura | Radio de Curvatura Mínimo | Tipo de Subrasante | Tipo de Pavimento | Calidad Estructural | Tipo de Deflexión |
|----|---------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | | $\times 10^{-2}mm$ | $\times 10^{-2}mm$ | m | m | | | | |
| 1 | 000+280 | 120.35 | 138.19 | 46.46 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 2 | 000+280 | 191.15 | 138.19 | 40.13 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 3 | 000+280 | 162.83 | 138.19 | 49.05 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 4 | 000+290 | 195.04 | 138.19 | 44.06 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 5 | 000+290 | 173.76 | 138.19 | 46.38 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|----------------|----------|
| 6 | 000+290 | 184.40 | 138.19 | 36.72 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 7 | 000+300 | 159.43 | 138.19 | 110.25 | 100 | Malo | Bueno | Regular | Tipo II |
| 8 | 000+300 | 155.89 | 138.19 | 73.50 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 9 | 000+300 | 145.26 | 138.19 | 67.85 | 100 | Malo | Malo | Mala | Tipo IV |
| 10 | 000+310 | 88.81 | 138.19 | 73.31 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 11 | 000+310 | 71.05 | 138.19 | 146.61 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 12 | 000+310 | 67.50 | 138.19 | 175.94 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 13 | 000+320 | 113.78 | 138.19 | 62.78 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 14 | 000+320 | 96.00 | 138.19 | 79.90 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 15 | 000+320 | 85.33 | 138.19 | 97.66 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 16 | 000+330 | 78.22 | 138.19 | 125.56 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 17 | 000+330 | 74.67 | 138.19 | 109.86 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 18 | 000+330 | 88.89 | 138.19 | 87.89 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 19 | 000+340 | 95.83 | 138.19 | 80.04 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 20 | 000+340 | 81.63 | 138.19 | 110.06 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 21 | 000+340 | 74.53 | 138.19 | 110.06 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 22 | 000+350 | 70.92 | 138.19 | 146.88 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 23 | 000+350 | 81.56 | 138.19 | 80.11 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 24 | 000+350 | 74.47 | 138.19 | 110.16 | 100 | Bueno | Bueno | Buena | Tipo I |
| 25 | 000+360 | 99.12 | 138.19 | 63.06 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 26 | 000+360 | 102.65 | 138.19 | 63.06 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 27 | 000+360 | 113.27 | 138.19 | 55.18 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 28 | 000+370 | 124.11 | 138.19 | 51.84 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 29 | 000+370 | 113.48 | 138.19 | 62.95 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 30 | 000+370 | 106.38 | 138.19 | 62.95 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|-------|--------|-------|-----|-------|------|----------------|----------|
| 31 | 000+374 | 84.96 | 138.19 | 88.28 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 32 | 000+374 | 88.50 | 138.19 | 98.09 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |
| 33 | 000+374 | 77.88 | 138.19 | 98.09 | 100 | Bueno | Malo | Regular a mala | Tipo III |

Fuente: Propia

3.7 Aspectos Éticos

según Piotraut (2006) existe un derecho moral y un derecho de propiedad donde el vehículo puede actuar si existe vulnerabilidad ya que la propiedad intelectual establece estándares morales junto con características económicas. (pág. 353).

La búsqueda se desarrolló conforme al reglamento de Grados y Títulos de la “Universidad Cesar Vallejo” y las teorías, conceptos y definiciones que se se citaron conforma a las normas APA 7ma edición a fin de salvaguardar el derecho de autor.

IV. RESULTADOS

4.1 Estimación de la variación de la deflexión en zonas de curva.

Con los datos obtenidos y ejecutados los calculos en la zona de pendiente N°1 se tuvo como resultado

- Un 44 % deflexión tipo I
- Un 51% deflexión tipo III
- Un 5 % deflexión tipo IV

Tabla 26
Parámetros de la zona de pendiente N°01

| Parámetros | valor |
|---------------------------|---------------------------|
| Deflexión promedio | $82.42 \times 10^{-2}mm$ |
| Deflexión característica | $130.48 \times 10^{-2}mm$ |
| Deflexión admisible | $138.19 \times 10^{-2}mm$ |
| Deflexión critica | $140.33 \times 10^{-2}mm$ |
| Desviación estandar | $37.48 \times 10^{-2}mm$ |
| Coefficiente de variación | 45.483% |

Fuente: Propia



Figura 5 Deflectograma de la zona de pendiente N°01
Fuente: Propia



Figura 6 Tipos de deflexión en la zona de pendiente N°01
Fuente: propia

Con los datos obtenidos y ejecutados los cálculos en la zona de pendiente N°2 se tuvo como resultado

- Un 50 % deflexión tipo I
- Un 28 % deflexión tipo III
- Un 22 % deflexión IV

Tabla 27
Parámetros de la zona de pendiente N°02

| Parámetros | valor |
|---------------------------------|----------------------------|
| <i>Deflexión promedio</i> | $88.19 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión característica</i> | $137.14 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión admisible</i> | $138.19 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión crítica</i> | $140.33 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Desviación estandar</i> | $38.18 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Coeficiente de variación</i> | 43.30% |

Fuente: Propia

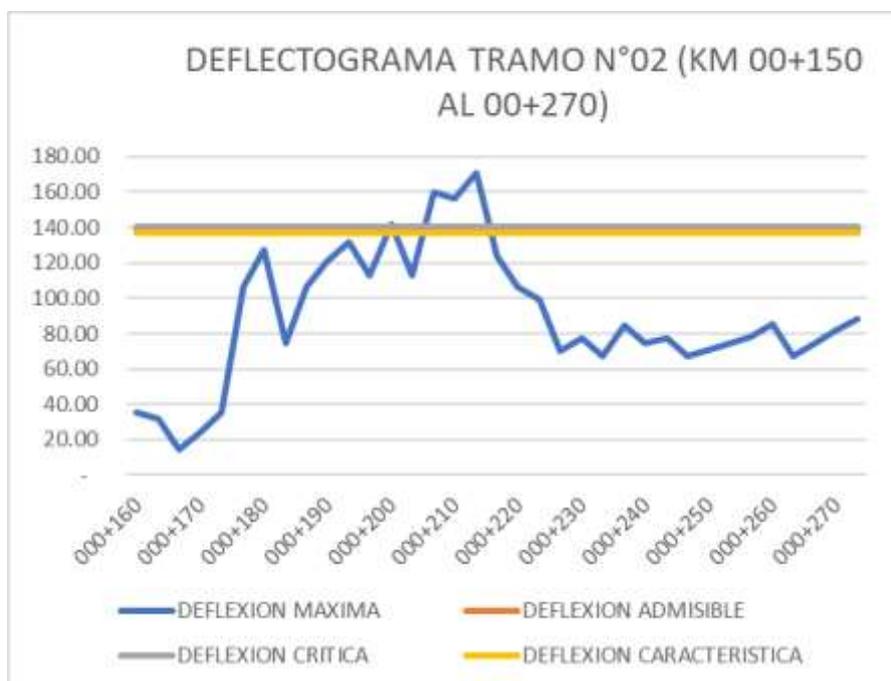


Figura 7 Deflectograma de la zona de pendiente N°02
Fuente: propia

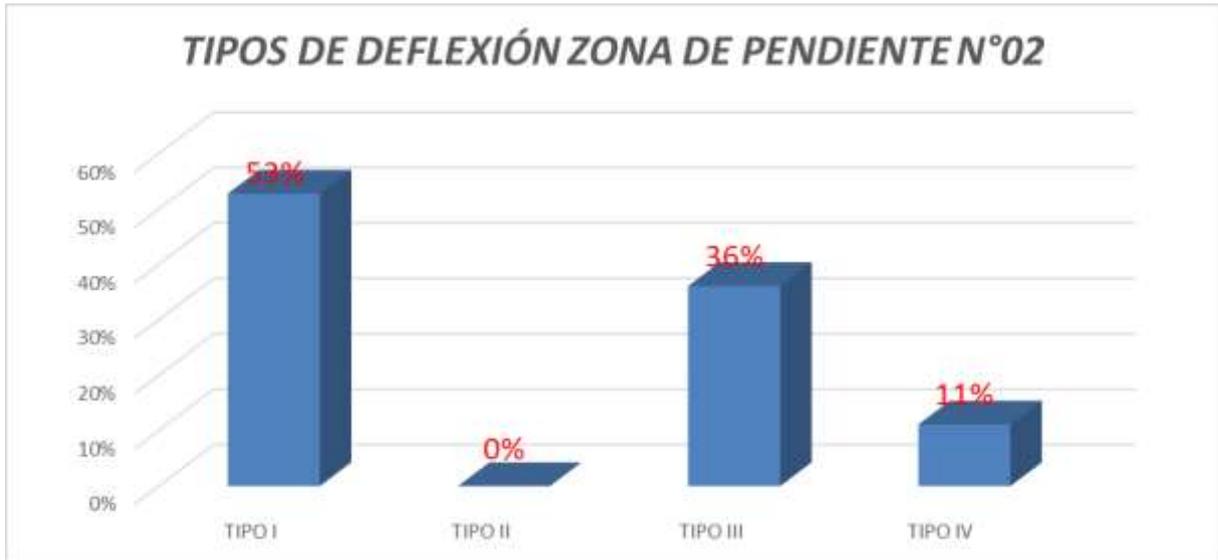


Figura 8 tipología de deflexión en la zona de pendiente N°02
Fuente: propia

Con los datos obtenidos y ejecutados los cálculos en la zona de pendiente N°3 se tuvo como resultado

- Un 48 % deflexión tipo III
- Un 24 % deflexión tipo I
- Un 3 % deflexión tipo II
- Un 24% deflexión tipo IV

Tabla 28
Parámetros de la zona de pendiente N°03

| Parámetros | valor |
|----------------------------------|----------------------------|
| <i>Deflexión promedio</i> | $101.44 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión característica</i> | $135.12 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión admisible</i> | $138.19 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Deflexión crítica</i> | $140.33 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Desviación estandar</i> | $26.28 \times 10^{-2} mm$ |
| <i>Coefficiente de variación</i> | 25.90% |

Fuente: Propia



Figura 9 Deflectograma de la zona de pendiente N°03
Fuente: propia

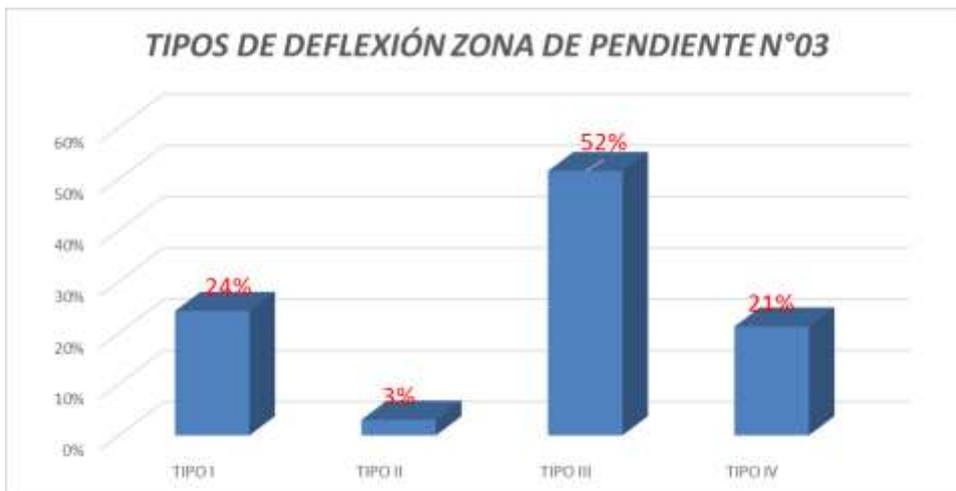


Figura 10 Tipología de deflexión en la zona de pendiente N°03
Fuente: propia

4.2 Calculo de la variación de la deformación lineal

Tabla 29
radios de Curvatura

| | Radio de Curvatura(m) | | | Promedio |
|-----------------------|-----------------------|-------|-----------|----------|
| | Derecha | Eje | Izquierda | |
| Zona de pendiente N°1 | 87.54 | 89.95 | 93.17 | 90.22 |
| Zona de pendiente N°2 | 117.10 | 98.20 | 105.08 | 106.76 |
| Zona de pendiente N°3 | 83.81 | 84.39 | 87.17 | 85.12 |

Fuente: Propia



Figura 11 Deformación lineal de zona de pendiente N°01
Fuente: Propia



Figura 12 Deformación lineal de zona de pendiente N°02
Fuente: Propia



Figura 13 Deformación lineal de zona de pendiente N°03
Fuente: propia

4.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural

Condición de la subrasante

En la siguiente figura se puede indicar que la zona de pendiente N° 01

- un 96% es bueno
- un 4 % no cumple las condiciones necesarias

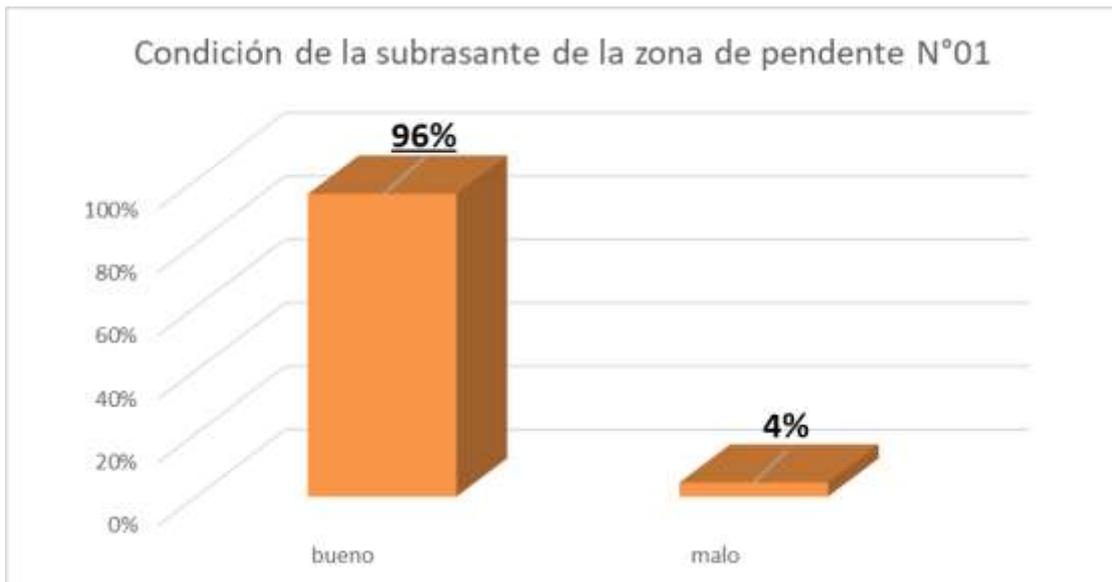


Figura 14 Comportamiento de la Subrasante de la Pendiente N°01
Fuente: propia

En la siguiente figura se puede indicar que la zona de pendiente N° 02

- un 89 % es bueno
- un 11 % no cumple las condiciones necesarias

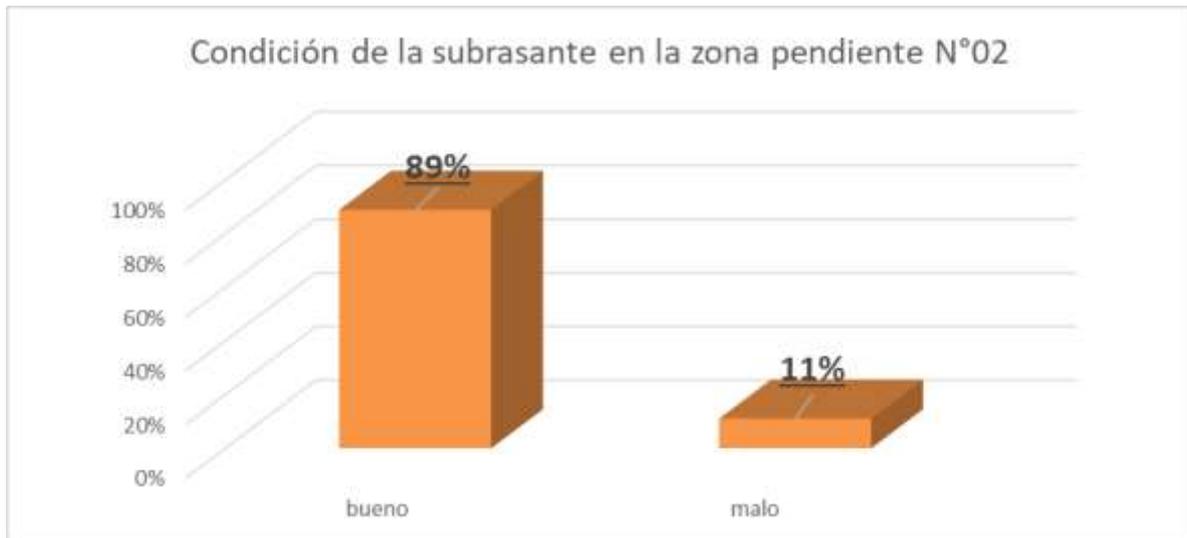


Figura 15 Comportamiento de la Subrasante de la pendiente N°02
Fuente: propia

En la siguiente figura se puede indicar que la zona de pendiente N° 03

- Un 76 % es bueno
- un 24 % no cumple las condiciones necesarias

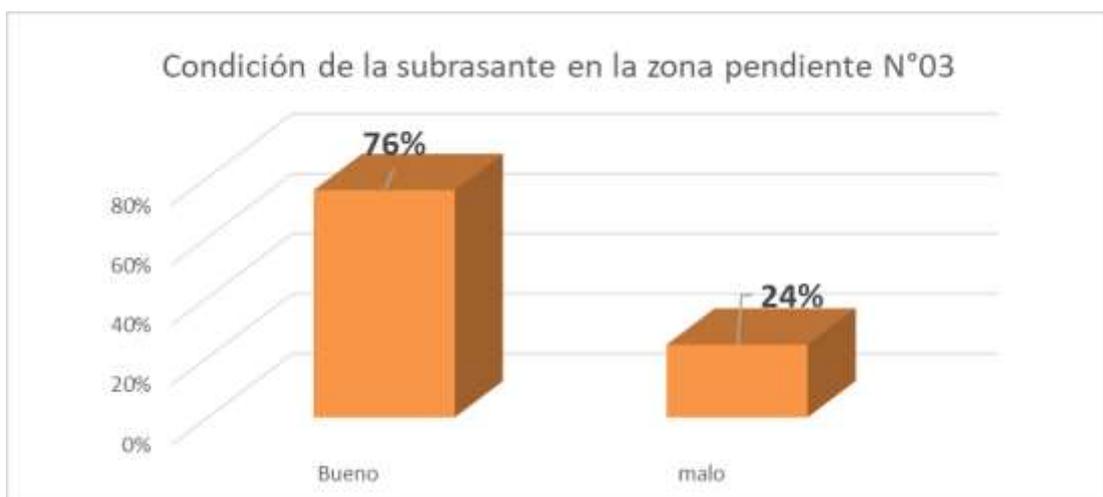


Figura 16 Condición del Pavimento en la zona de pendiente N°03
Fuente: propia

Condición del Pavimento

En la siguiente figura se tiene que la zona de pendiente N° 01

- Un 44 % tiene condición buena
- Un 56 % tiene la condición mala

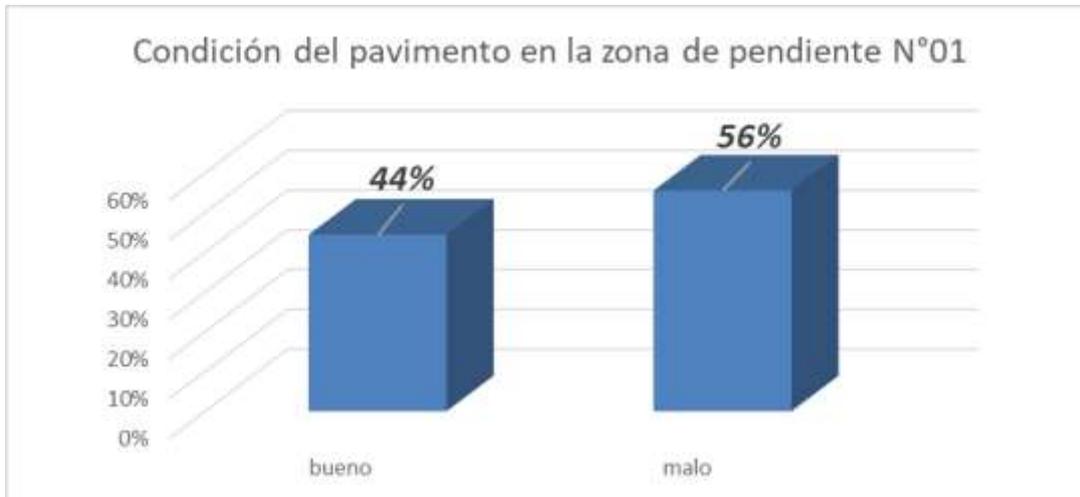


Figura 17 Condición del Pavimento en la zona de pendiente N°01
Fuente: propia

En la siguiente figura se tiene que la zona de pendiente N° 02

- Un 53% está en buena condición
- Un 47 % tiene la condición mala

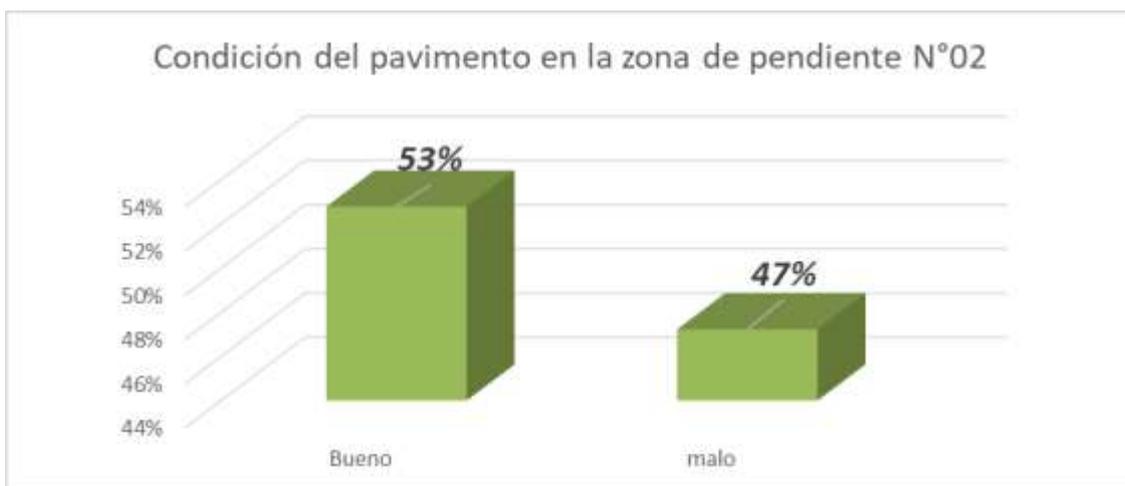


Figura 18 Condición del pavimento en la zona de pendiente N°02
Fuente: propia

En la siguiente figura se verifica que la zona de pendiente N° 03

- un 73% está en buena condición
- un 27 % tiene la condición mala.

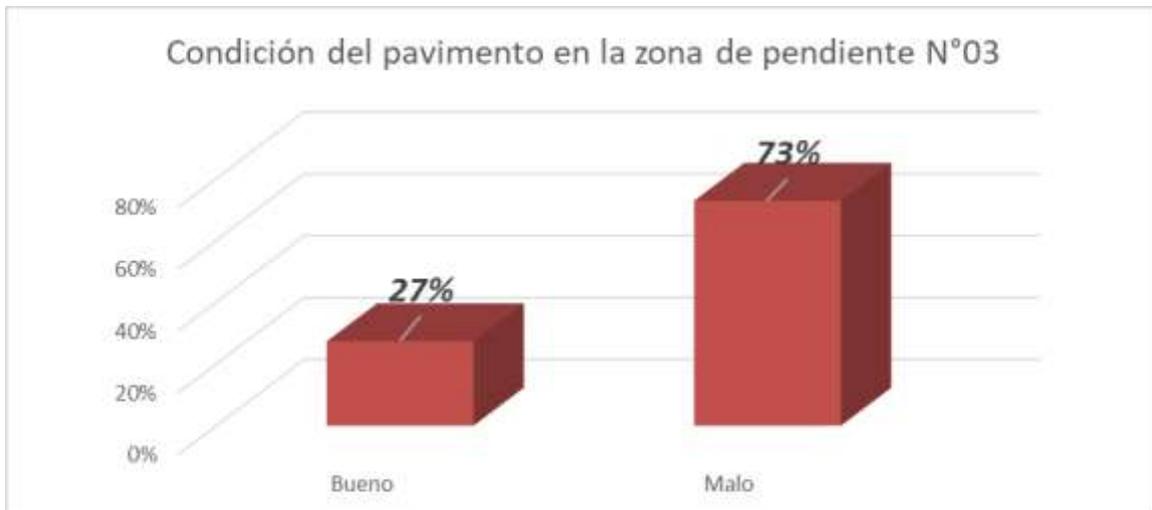


Figura 19 Condición del pavimento en la zona de pendiente N°03
Fuente: propia

Condición de la calidad estructural

En la siguiente figura se constrata que la zona de pendiente N° 01

- Un 45% es buena
- Un 51% es regular o malo
- Un 4% de mala calidad estructural.

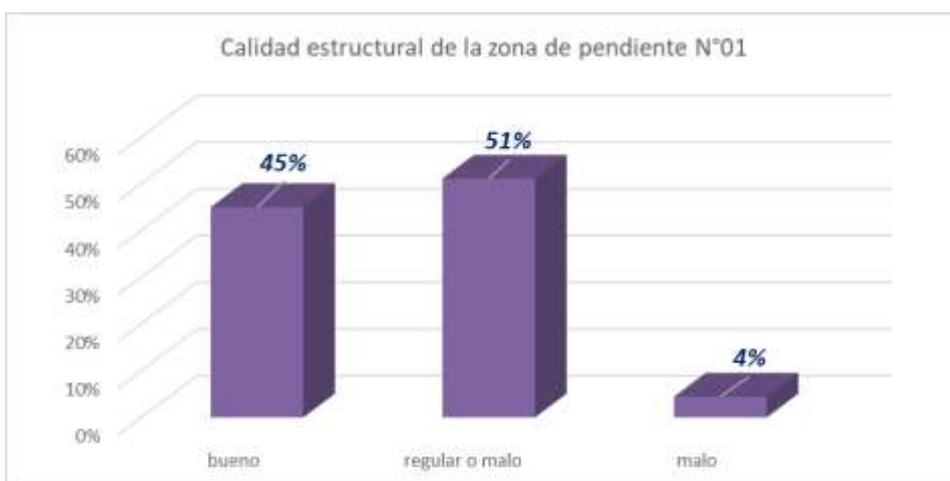


Figura 20 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°01
Fuente: propia

En la siguiente figura se tiene que la zona de pendiente N° 02

- Un 53% es buena
- Un 36 % es regular o mala
- Un 11% de mala calidad estructural

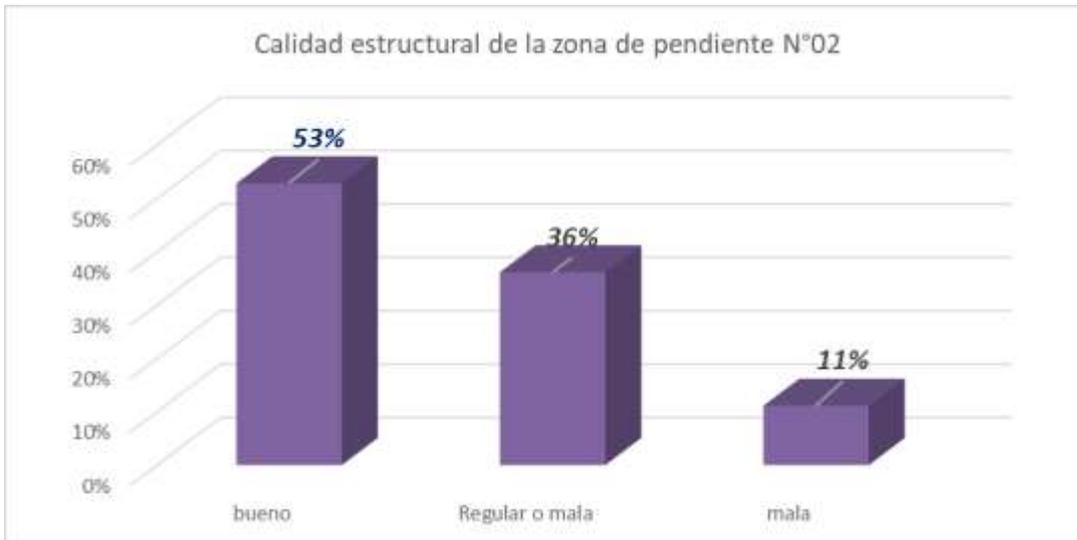


Figura 21 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°02
Fuente: propia

En la siguiente figura se verifica que la zona de pendiente N° 03

- Un 24 % es buena
- Un 3% es regular
- Un 52 % es regular o mala
- Un 21 % es de mala calidad estructural.
-



Figura 22 Calidad estructural del pavimento en la pendiente N°03
Fuente: propia

V. DISCUSIONES

1. - Según Cubas de la torre (2017) indica que tuvo como resultados una \bar{D} es de $92.23 \times 10^{-2} mm$, una D_a de $77 \times 10^{-2} mm$, una D_{cr} : $83 \times 10^{-2} mm$ y una D_c : $125.426 \times 10^{-2} mm$, en cambio nuestros resultados obtenidos son deflexiones promedio del pavimento flexible en la zona de pendiente N° 01 es de $82.42 \times 10^{-2} mm$, en la zona de pendiente N° 02 es un $88.19 \times 10^{-2} mm$, y en la zona de pendiente N°03 es de $101.44 \times 10^{-2} mm$, además de las deflexiones características tienen valores de $130.48 \times 10^{-2} mm$, $137.14 \times 10^{-2} mm$ y $135.12 \times 10^{-2} mm$, respectivamente la D_a tiene un valor de $138.19 \times 10^{-2} mm$, la D_{cr} tiene un valor de $140.33 \times 10^{-2} mm$.

nuestros valores fueron superiores de la pendiente N° 03, debido a que la capa asfáltica de nuestra investigación es de 10 cm y de la Cubas de la torre es de 7.5 cm, además en nuestra investigación la evaluación estructural se realizó en una zona de pendiente mientras cubas de la torre su evaluación fue en un tramo llano.

2.- Según Quito (2019) obtuvo valores de radio de curvatura de 130.11 m por otro lado Salinas (2019) señala que el radio de curvatura promedio en los pavimentos evaluados varían desde 105,95m hasta 181.38m. en nuestra investigación las deformaciones lineales promedio del pavimento varía desde 85.12m hasta 106.76 m. los 2 antecedentes señalan que la deflexión lineal tienen valores que superan a 100m característica que refleja que la condición de los pavimentos es de regular a bueno, en nuestro estudio de forma similar los promedios obtenidos de la deformaciones lineales en la pendientes N°01 y N°03 son inferiores a los 100 m, por lo tanto el pavimento se encuentra en malas condiciones y en la zona de pendiente N° 02 está por encima de los 100 m por lo tanto el pavimento se encuentra en una condición de regular a bueno.

3.- Sobre lo mencionado Quito (2019) señala que la subrasante 42% presenta un mal comportamiento, un 58% del tramo presenta características de buen comportamiento, sobre la condición del pavimento el 38% presenta un mal comportamiento, un 62% presenta características de un adecuado comportamiento estructural del pavimento, el comportamiento estructural de la zona de investigación presenta un 41% es bueno, un 1% es regular un 46% de

regular o malo y un 12% es de mala calidad. Mientras que la condición de la subrasante un 13% refleja un mal comportamiento y un 87% presenta un buen comportamiento, y la condición del pavimento un 59% refleja un mal comportamiento y un 49% presenta un buen comportamiento en nuestra investigación la condición de la subrasante en la zona de pendiente 01 en un 96 % es buena y en un 4% es mala, en la zona de pendiente 02 en un 89% es de buena y en un 11% es mala y en la zona de pendiente 03 en un 76 % es de buena y en un 24 % es mala respecto a la condición del pavimento en la zona de pendiente 01 en un 44% tiene características buenas y en 56% tiene características malas, en la zona de pendiente 02 en un 53% presenta características aceptables condiciones y en un 47% tiene características malas y en la zona de pendiente 03 en un 27% presenta características buenas y en 73% presenta características de índole malo, la calidad estructural en la zona de pendiente 01 el 45% es buena, el 51% es de regular o malo el 4% es mala, en la zona de pendiente 02 el 53% es buena, el 36% es de regular o malo el 11% es mala y en la zona de pendiente 03 el 24% tiene buena característica , el 3% regular, el 52% de regular a malo el 21% mala, respecto a la evaluación de Quito (2019) en nuestra investigación las condiciones de la subrasante están por encima del antecedente citado, la condición del pavimento está por debajo del antecedente citado, la calidad estructural es inferior respecto a Quito (2019).

VI. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están descritas en concordancias con los objetivos propuestos.

1.- Se concluye que en el tramo N° 01 de pendiente 6% y una longitud de 150m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento presenta una \bar{D} de $82.42 \times 10^{-2} mm$, una D_c de $130.48 \times 10^{-2} mm$, en el tramo N°02 de pendiente 5% y una longitud 120 m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento presenta una \bar{D} de $88.19 \times 10^{-2} mm$, una D_c de $137.14 \times 10^{-2} mm$, en el tramo N°03 de pendiente 4% y una longitud de 104 m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento presenta una \bar{D} de $101.44 \times 10^{-2} mm$, una D_c de $135.12 \times 10^{-2} mm$, entre la zona de pendiente 01 y 02 la variación presente respecto a la D_c es de 0.0666mm, mientras la zona de curva 01 y 03 la variación presente respecto a la D_c es 0.0464mm finalmente en la zona de curva 02 y 03 presento una variación respecto a la D_c de 0.0202mm.

2.-Se concluye que en el tramo N°01 con pendiente 6% y una longitud de curva de 150m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento presenta valores de deformación lineal en el carril derecho 87.54m, en eje de 89.95m, carril izquierdo 93.17m, en el tramo N°02 de pendiente 5% y una longitud de curva de 120 m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento tienen valor un radio de curvatura promedio en el carril derecho 117m, eje 98.20m, carril izquierdo 105.08m, en el tramo N°03 con pendiente 4% y una longitud de curva de 104m a 33°C de temperatura media y 10cm de espesor de pavimento tiene valor de radio de curvatura promedio en el carril derecho 83.81m, carril izquierdo 87.17m, eje 84.39m en las secciones de zona de curva 01 y 02 radio de curvatura presenta valores de variación de 16.54, en la zona de curva n°01 y n°03 presenta valores de variación de 5.00 m y entre la zona de curva 02 y 03 presenta valores de variación de 21.64 m.

3.- Se concluye que la subrasante respecto al comportamiento mecánico presenta características de un buen comportamiento con un 87% de condición de buena, 13% la condición mala, la calidad estructural que presenta las 3 zonas de pendiente es buena en un 41% un 1% regular, el 46% regular o mala, 12% mala, el comportamiento estructural del pavimento presenta características buenas en un 41% y en 59% características de orden malo.

VII. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están descritas en concordancias con las conclusiones:

1.- Se recomienda que se mejore el parámetro de la D_c el cual debe tener un valor menor o inferior al parámetro de D_a ya que en esta presente investigación sobre evaluación en las 3 zonas de pendiente se obtuvieron valores de una D_c muy superior a la D_a .

2.- Se recomienda que los valores del radio de curvatura tengan valores que superen a los 100 para que las características de los pavimentos tengan la condición de ser buenas, en esta investigación dentro de la zona de pendiente 1 y 3 se obtuvieron valores de la deformación lineal que no superaron a 100m por donde es necesario establecer un mecanismo de mejora para que la condición de pavimento sea aceptable.

3.- Se recomienda que en las secciones donde se obtuvieron valores que caracterizaron al pavimento con una subrasante, una calidad estructural y una condición de pavimento muy mala ejecutar un refuerzo estructural o en su defecto una restitución parcial o total según amerite.

REFERENCIAS

CARDENAS GRISALES, James. 2013. *Diseño Geometrico de Carreteras*. Bogotá Colombia : Ecoe Ediciones, 2013. 978-958-648-859-4.

ARIAS ODÓN, Fidias Gerardo. 2012. *Introducción a la Metodología Científica*. Caracas : Episteme C .A, 2012. 980-07-8529-9.

Azcona , Maximiliano, Manzini, Fernando y Dorati , Javier. 2013. *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en psicología*. La Plata, Argentina : Universidad Nacional de La Plata , 2013. 67-71.

BAENA PAZ, Guillermina. 2014. *Metodología de la Investigación*. México : Grupo Editorial Patria, 2014. 978-607-744-003-1.

BECERRA SALAS, Mario. 2012. *Tópicos de pavimentos de concretos-diseño, construcción y supervisión*. Lima : Flujo Libre, 2012.

BRITISH BROADCASTING CORPORATION. 2015. *Los países con las mejores y las peores carreteras en América Latina*. Londres : BBC, 2015.

Cabezas , Edison Damián , Andrade , Diego y Torres , Johana . 2018. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. 1a. Quito, Ecuador : ESPE, 2018. pág. 135. ISBN: 978-9942-765-44-4.

CARRASCO CANTOS, Severo Fernando y VIZHÑAY REYES, Christian Javier. 2019. *Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkelman.Tesis Pregrado (Ingeniero Civil)*. Cuenca : Universidad de Cuenca de Ecuador, 2019. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33520>.

Carrasco Diaz, Sergio . 2005. *Metodologia de la investigacion científica*. Lima-Peru : San Marcos, 2005.

CARRASCO DIAZ, Sergio. 2006. *Metodología de la Investigación Científica*. Lima Perú : Ed. San Marcos, 2006. 9972-34-242-5.

carreteras, diseño geometrico de. 2002. *Por cardenas jamnes [et al.]*. colombia : ecoe ediciones, 2002.

CONREVAL. 1983. *Estudio de Carreteras de rehabilitación de Carreteras del país*. Lima Perú : MTC, 1983.

CORDOVA ZAMORA, Manuel. 2003. *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima Perú : Moshera S.R.L, 2003. 9972-813-05-3.

CORIA GUTIERREZ, Carlos Adolfo, HERNANDEZ DOMINGUEZ, Roberto Israel y GARNICA ANGUAS, Paul. 2018. Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Revista Instituto Mexicano de Transporte (72)*. Diciembre 2018 : 0188-7114, 2018.

CUBAS DE LA TORRE, Rosa Beatriz. 2017. *Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible en*

la Vía de Evitamiento Sur-Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman. Tesis de grado (Ingeniero Civil). Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2017. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11193>.

FERNÁNDEZ RUÍZ, Mayle Alynny. 2020. *Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible de la carretera Cajamarca-Celendin-Balsas, Tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, mediante el Análisis Deflectométrico. Tesis de grado (Ingeniero Civil).* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2020. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3733>.

GUERRERO DAVILA, Guadalupe y GUERRERO DAVILA, María Concepción. 2014. *Metodología de la Investigación.* Mexico : Grupo editorial Patria, 2014. 978-607-744-004-8.

GUTIERREZ LAZARES, José Wilfredo. 2007. *Modelación geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú. Tesis Maestría (Ing. Civil).* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2007. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/809>.

Hernandez Sampieri , Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigacion .* Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014. 632.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación.* México : McGrawHill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

HOFFMAN, Mario y DEL AGUILA, Pablo. 1985. *Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos Basados en la Interpretación.* Disponible en <http://bit.ly/39SsVQq> : s.n., 1985.

HUARIPATA CARMONA, Juan. 2018. *Evaluación del Diseño Geométrico de la Carretera no Pavimentada de Bajo Volumen de Transito Tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con Respecto al Manual de diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Transito-MTC. Tesis grado (Ing. Civil).* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1984>.

Ingeniería de Carreteras. 2003. *Por KRAEMER Carlos [et al.].* Madrid España : McGRAW HILL, 2003. 84-481-3988-7.

INSTITUTO DEL ASFALTO. 2000. *Manual del Asfalto.* España : Urmo, 2000. 83-314-0087-0.

INSTITUTO VIAL IBEROAMERICANO. 2016. *Problemática y soluciones carretera central. Viabilidad y transporte latinoamericano.* Lima : Jorlaco Ediciones S.A.C, 2016. Vol. II, 5.

Investigación, Fundamentos de. 2014. *Por BERNAL TORRES, Cesar Augusto[et al.].* México : Pearson, 2014. 978-607-32-2245-7.

Investigación, Metodología de la. 2014. *por ÑAUPAS PAITAN Humberto [et al.].* Bogotá Colombia : Ediciones de la U, 2014. 978-958-762-188-4.

LANDAU, Rebeca. 2007. *Elaboración de Trabajos de Investigación.* Caracas Venezuela : Alfa, 2007. 980-354-214-1.

MASKANA, Revista Ecuatoriana. 2015. Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Cuenca 6 (1)*. Marzo 2015 : <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11, 2015>.

MEZA PALOMINO, Harol Celedonio. 2017. *Evaluación Deflectométrica Obtenida Con La Viga Benkelman Y Diseño De Estructuras De Pavimentos Por El MÉTODO AASHTO 2008. Tesis de grado (Ing.Civil)*. Arequipa : Universidad Católica Santa María, 2017. Disponible en <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6683>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2014. *Manual de Carreteras -Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima : MTC, 2014.

—. **2016.** *Manuel de Ensayos de Materiales*. Lima : MTC, 2016.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. 2006. *Ingeniería de pavimentos*. Bogotá Colombia : Panamericana, 2006. 958-96036-2-9.

MUÑOZ ROCHA, CARLOS. 2016. *Metodología de la Investigación*. México : Progreso S.A, 2016. 978-60742-65-422.

Ñaupas Paitan , Humberto, y otros. 2014. *Metodologia de la Investigacion* . Bogota : Ediciones de la U, 2014. 536.

PAREDES TOINGA, Jinson Javier. 2019. *Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía: Cevallos-Quero en el Tramo Km 5+800 Al Km 9+100 de la provincia de Tungurahua.Tesis Pregrado (Ingeniero Civil)*. Ambato : Universidad Técnica de Ambato de Ecuador, 2019. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29781>.

Pestana., Santa Palella Stracuzzi & Feliberto Martins. 2012. *Metodologia de la investigacion cuantitativa*. Caracas : Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2012. 279.

QUITO SANGAY, Isidro. 2019. *Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Jesús, Tramo D.v a Llacanora (plaza pecuaria iscoconga)-la Huaraclla, para determinar el Comportamiento Estructural. Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2019. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3154>.

REVISTA, Ciencia Nor@ndina. 2020. Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota. *Cajamarca,2(2)*. Febrero 2020 : 2663-6360, 2020.

RODAGEM. 1998. *Manual de Rehabilitación de Pavimentos*. Brasil : MT brasil, 1998.

ROJAS SORIANO, Raúl. 2013. *Guia para realizar investigaciones Sociales*. México : Plaza y Valdés, S. A, 2013. 968-856-262-5.

RUIZ BOLIVAR, Carlos. 2013. *Instrumentos y Tecnicas de Investigación Educativa*. Houston Estados Unidos : Danaga, 2013.

SALINAS VILLEGAS, Edisson Xavier. 2019. *Evaluación funcional y estructural del Pavimento de la*

Vía Manuelita Saenz desde La Intersección Con La Av. Quiz quiz hasta la Intersección con la Av. José Peralta. Tesis Pregrado (Ingeniero Civil). Ambato : Universidad Técnica de Ambato de Ecuador, 2019. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30410>.

SANCHEZ SABOGAL, Fernando. 1984. Pavimentos Fundamentos Teóricos-Guías de Diseño.
Bogota : Panamericana, 1984.

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TITULO: Comportamiento estructural de pavimento flexible en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021.

AUTOR: Br. Víctor Augusto Guzmán Camacho

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOLOGIA |
|---|---|---|---|--|---|--|
| <p>PROBLEMA GENERAL ¿cuánto varía el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay-Apurímac, 2021.?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cuánto varía la deflexión del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021?</p> <p>¿Cuál es la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021?</p> | <p>OBJETIVO GENERAL determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay-Apurímac, 2021.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Estimar la variación de la deflexión del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021</p> <p>Calcular la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría Abancay - Apurímac, 2021</p> | <p>HIPOTESIS GENERAL El Comportamiento Estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría varía significativamente, Abancay - Apurímac, 2021</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS La deflexión del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría varía considerablemente, Abancay - Apurímac, 2021</p> <p>La deformación lineal del pavimento asfáltico zonas de pendiente mediante la deflectometría varía mínimamente, Abancay-Apurímac, 2021</p> | <p>V1: Zonas de pendiente</p> <p>V2: Comportamiento estructural Pavimento Asfáltico</p> | <p>D1. Carril derecho</p> <p>D3 eje</p> <p>D2. Carril Izquierdo</p> <p>D1: deflexión</p> <p>D2: Deformación lineal</p> | <p>I1: 6 (%) I2: 5(%) I3: 4(%)</p> <p>I1: 6(%) I2: 5(%) I3: 4(%)</p> <p>I1: 6(%) I2: 5(%) I3: 4(%)</p> <p>I1. Tipo I I2. Tipo II I3. Tipo III I4. Tipo IV</p> <p>I1. Mala I2. Regular I3. Buena</p> | <p>METODO: científico</p> <p>TIPO: aplicada</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>DISEÑO cuasi experimental</p> <p>POBLACIÓN: calles del distrito de Abancay</p> <p>MUESTRA: 03 zonas de pendiente</p> <p>MUESTREO: no probabilístico</p> <p>TECNICA: Observación directa</p> <p>INSTRUMENTO: Fichas de recolección de datos</p> |

Anexo 02: Operacionalización de variables

TITULO: Comportamiento estructural de pavimento flexible en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021.

AUTOR: Br. Víctor Augusto Guzmán Camacho

| <i>VARIABLES</i> | <i>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</i> | <i>DEFINICIÓN OPERACIONAL</i> | <i>DIMENSIONES</i> | <i>INDICADORES</i> | <i>INSTRUMENTO</i> | <i>ESCALA</i> |
|---|---|---|--|--|--------------------------------|----------------------|
| V1. Zonas de pendiente | son las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido longitudinal y transversal del eje de la vía. A su vez, la línea de máxima pendiente sobre el terreno natural, es la inclinación máxima del terreno natural en cualquier dirección, alrededor del entorno del eje de la vía. cárdenas (2002) | Se operacionaliza mediante sus dimensiones como son el carril derecho y carril izquierdo que vienen hacer características de la zona de curva de una vía, a su vez cada dimensión esta dividido en 3 indicadores | D1. Carril derecho D3 eje D2. Carril Izquierdo | I1: 6(%) I2: 5(%) I3: 4(%) I1: 6(%) I2: 5(%) I3: 4(%) I1: 6(%) I2: 5(%) I3: 4(%) | Fichas de recolección de datos | Razón |
| V2. Comportamiento Estructural de pavimento asfáltico | indica que el comportamiento estructural enfoca los aspectos que están ligados a la integridad de la estructura de pavimento y lo define como aquella capacidad del pavimento de poder cumplir la función de soporte cuando haya una acción combinada entre el transporte y el medio ambiente (2012) | Se operacionaliza mediante sus dimensiones de la deflexión y la deformación lineal que vienen hacer características del comportamiento estructural de un pavimento, a su vez cada dimensión esta dividido en 3 indicadores. | D1. Deflexión D2. Deformación lineal | I1. Tipo I I2. Tipo II I3. Tipo III I4. Tipo V I1: Bueno I2: Regular I3: Malo | Fichas de recolección de datos | Escala de intervalo |

Anexo 02: Análisis de validez

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

| PROYECTO: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021 | | | | | | | | VALIDEZ DE 0 A 1 |
|---|-----|-------------|----------------------------|-------------|-----|-------------|-----|------------------|
| AUTOR: Br. Victor Augusto Guzman Camacho | | | | | | | | |
| I. INFORMACION GENERAL | | | | | | | | |
| UBICACION: Jr. David Samanes Ocampo | | | | | | | | |
| DISTRITO: Abancay | | | ALTIUD: 2500 msnm | | | | | |
| PROVINCIA: Abancay | | | LATITUD SUR: 13° 38' 18" | | | | | |
| REGION: Apurímac | | | LATITUD OESTE: 72° 52' 43" | | | | | |
| II. CARRIL DERECHO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| III. EJE | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| IV. CARRIL IZQUIERDO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| V. DEFLEXION | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Tipo I | mm | Tipo II | mm | Tipo III | mm | Tipo IV | mm | |
| VI. DEFORMACION LINEAL | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | |
| Buena | | Regular | | Mala | | | | |
| PROFESION: <u>INGENIERO CIVIL</u> | | | | | | | | |
| REGISTRO CIP No: <u>16937E</u> | | | | | | | | |
| EMAIL: <u>Victor Humberto Guzman@gmail.com</u> | | | | | | | | |
| TELEFONO: <u>98218184</u> | | | | | | | | |

| RANGO | MAGNITUD |
|-----------|----------|
| 0.81-1.00 | MUY ALTA |
| 0.61-0.80 | ALTA |
| 0.41-0.60 | MODERADA |
| 0.21-0.40 | BAJA |
| 0.01-0.20 | MUY BAJA |


 Ing. Victor Humberto Guzman Valle
 CIP: 157157

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

| PROYECTO: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021 | | | | | | | | VALIDEZ DE 0 A 1 |
|---|-----|-------------|----------------------------|-------------|-----|-------------|-----|------------------|
| AUTOR: Br. Victor Augusto Guzman Camacho | | | | | | | | |
| I. INFORMACION GENERAL | | | | | | | | |
| UBICACION: Jr. David Samanes Ocampo | | | | | | | | |
| DISTRITO: Abancay | | | ALTIUD: 2500 msnm | | | | | |
| PROVINCIA: Abancay | | | LATITUD SUR: 13° 38' 18" | | | | | |
| REGION: Apurímac | | | LATITUD OESTE: 72° 52' 43" | | | | | |
| II. CARRIL DERECHO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| III. EJE | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| IV. CARRIL IZQUIERDO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| V. DEFLEXION | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Tipo I | mm | Tipo II | mm | Tipo III | mm | Tipo IV | mm | |
| VI. DEFORMACION LINEAL | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | |
| Buena | | Regular | | Mala | | | | |
| PROFESION: <u>Ing Civil</u> | | | | | | | | |
| REGISTRO CIP No: <u>157157</u> | | | | | | | | |
| EMAIL: <u>Victor Augusto Guzman Valle@gmail.com</u> | | | | | | | | |
| TELEFONO: <u>913321256</u> | | | | | | | | |

| RANGO | MAGNITUD |
|-----------|----------|
| 0.81-1.00 | MUY ALTA |
| 0.61-0.80 | ALTA |
| 0.41-0.60 | MODERADA |
| 0.21-0.40 | BAJA |
| 0.01-0.20 | MUY BAJA |


 Ing. Victor Augusto Guzman Camacho Flores
 Ing. Civil CIP 157157

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

| PROYECTO: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendientes mediante la deflectometría calles del distrito Abancay-Apurímac, 2021 | | | | | | | | VALIDEZ DE 8 A 1 |
|--|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----|-------------|-----|------------------|
| AUTOR: Sr. Victor Augusto Guzmán Camacho | | | | | | | | |
| I. INFORMACION GENERAL | | | | | | | | |
| UBICACION: Jr. David Samanes Osango | | | | | | | | |
| DISTRITO: Abancay | | | ALTITUD: 2500 msnm | | | | | |
| PROVINCIA: Abancay | | | LATITUD SUR: 13° 38' 15" | | | | | |
| REGION: Apurímac | | | LATITUD OESTE: 72° 52' 43" | | | | | |
| II. CARRETERO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| III. S/E | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| IV. CARRETERO | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Pendiente | % | Pendiente | % | Pendiente | % | | | |
| V. DEFLEXION | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Tipo I | mm | Tipo II | mm | Tipo III | mm | Tipo IV | mm | |
| VI. DEFORMACION LINEAL | | | | | | | | |
| INDICADOR 1 | Und | INDICADOR 2 | Und | INDICADOR 3 | Und | INDICADOR 4 | Und | 1.00 |
| Buena | | Regular | | Mala | | | | |
| PROFESION | INGENIERO CIVIL | | | | | | | |
| REGISTRO CIP No: | 58214 | | | | | | | |
| EMAIL: | ms.vivanco.pinto@gmail.com | | | | | | | |
| TELEFONO: | 983523025 | | | | | | | |

| RANGO | MAGNITUD |
|-----------|----------|
| 0.01-1.00 | MUY ALTA |
| 0.01-0.00 | ALTA |
| 0.41-0.00 | MODERADA |
| 0.31-0.40 | BAJA |
| 0.01-0.20 | MUY BAJA |


 Roberto R. Vivanco Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 58214

Anexo 03: Certificados de Calibración de los equipos



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 094-2021 GLL

2021-01-05

Solicitante: CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO
Dirección: PRO ARICA NRO. SN APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY
Instrumento / Tipo: VIGA BENKELMAN DOBLE BRAZO ANALOGO
Fabricante: G&S EQUIPOS DE INGENIERIA CIVIL
Serie: 680
Modelo: NO PRESENTA
Rango de Medición: 0 - 25 mm
Diales división de escala: 0.01 mm
Patrón de Calibración: Bloques calibre milimetrado
Trazabilidad: Certificado N° LLA - 142 - 2020
Método de Calibración: Comparación Directa
Fecha de Calibración: 2021-01-04

TABLA DE RESULTADOS Brazo A - (BRAZO CORTO)

| Valor Nominal V mm | Lectura del Instrumento | | | Promedio L | Relación de brazo | Incertidumbre U µm | Incertidumbre 2U µm |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---|-------------------|-----------------------|------------------------|
| | L ₁ mm | L ₂ mm | L ₃ mm | (L ₁ +L ₂ +L ₃)/3 mm | | | |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.29 | 0.58 |
| 1 | 0.240 | 0.240 | 0.250 | 0.243 | 4.11 | 3.35 | 6.69 |
| 3 | 0.740 | 0.736 | 0.734 | 0.737 | 4.07 | 1.79 | 3.57 |
| 5 | 1.220 | 1.220 | 1.220 | 1.220 | 4.10 | 0.29 | 0.58 |
| 8 | 1.904 | 1.908 | 1.926 | 1.913 | 4.18 | 6.77 | 13.54 |
| 10 | 2.412 | 2.420 | 2.410 | 2.414 | 4.14 | 3.07 | 6.14 |

Relación 1:4

Relación Promedio Brazo: 4.12
Brazo A - (BRAZO CORTO) COMPARADOR DE CARÁTULA MARCA: KANN, MODELO: NO PRESENTA, SERIE: 09117. RANGO: 0 - 25 mm.

TABLA DE RESULTADOS Brazo B - (BRAZO LARGO)

| Valor Nominal V mm | Lectura del Instrumento | | | Promedio L | Relación de brazo | Incertidumbre U µm | Incertidumbre 2U µm |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---|-------------------|-----------------------|------------------------|
| | L ₁ mm | L ₂ mm | L ₃ mm | (L ₁ +L ₂ +L ₃)/3 mm | | | |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.29 | 0.58 |
| 1 | 0.240 | 0.242 | 0.240 | 0.241 | 4.16 | 0.73 | 1.45 |
| 3 | 0.742 | 0.740 | 0.746 | 0.743 | 4.04 | 1.79 | 3.57 |
| 5 | 1.222 | 1.220 | 1.220 | 1.221 | 4.10 | 0.73 | 1.45 |
| 8 | 1.904 | 1.906 | 1.906 | 1.905 | 4.20 | 0.73 | 1.45 |
| 10 | 2.422 | 2.422 | 2.416 | 2.420 | 4.13 | 2.02 | 4.04 |

Relación 1:4

Relación Promedio Brazo: 4.12
Brazo B - (BRAZO LARGO) COMPARADOR DE CARÁTULA MARCA: KANN, MODELO: NO PRESENTA, SERIE: 09131. RANGO: 0 - 25 mm.



(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas, así como las condiciones y condiciones en que se realizaron. G&L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima
 Teléfono: (01) 622 - 5614

Celular: 982 - 302 - 883 / 952 - 227 - 956

Correo: servicio@gllaboratorio.com / laboratorio@laboratorio.gllaboratorio.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|----|--------|-------|--------|
| 4 | 000+020 | DER | 32.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 32.14 | 3.57 | 109.38 |
| 5 | 000+020 | EJE | 32.0 | 8 | 2 | 32 | 8 | 28.57 | 7.14 | 145.83 |
| 6 | 000+020 | IZQ | 32.0 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.71 | 10.71 | 125.00 |
| 7 | 000+030 | DER | 33.0 | 10 | 2 | 40 | 8 | 35.40 | 7.08 | 110.35 |
| 8 | 000+030 | EJE | 33.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 31.86 | 3.54 | 110.35 |
| 9 | 000+030 | IZQ | 33.0 | 11 | 4 | 44 | 16 | 38.94 | 14.16 | 126.12 |
| 10 | 000+040 | DER | 32.5 | 9 | 1 | 36 | 4 | 32.00 | 3.56 | 109.86 |
| 11 | 000+040 | EJE | 32.5 | 8 | 2 | 32 | 8 | 28.44 | 7.11 | 146.48 |
| 12 | 000+040 | IZQ | 32.5 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.56 | 10.67 | 125.56 |
| 13 | 000+050 | DER | 32.5 | 29 | 12 | 116 | 48 | 103.11 | 42.67 | 51.70 |
| 14 | 000+050 | EJE | 32.5 | 28 | 11 | 112 | 44 | 99.56 | 39.11 | 51.70 |
| 15 | 000+050 | IZQ | 32.5 | 29 | 11 | 116 | 44 | 103.11 | 39.11 | 48.83 |
| 16 | 000+060 | DER | 32.4 | 18 | 11 | 72 | 44 | 64.06 | 39.15 | 125.45 |
| 17 | 000+060 | EJE | 32.4 | 22 | 16 | 88 | 64 | 78.29 | 56.94 | 146.35 |
| 18 | 000+060 | IZQ | 32.4 | 20 | 14 | 80 | 56 | 71.17 | 49.82 | 146.35 |
| 19 | 000+070 | DER | 32.5 | 16 | 11 | 64 | 44 | 56.89 | 39.11 | 175.78 |
| 20 | 000+070 | EJE | 32.5 | 18 | 11 | 72 | 44 | 64.00 | 39.11 | 125.56 |
| 21 | 000+070 | IZQ | 32.5 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.56 | 46.22 | 146.48 |
| 22 | 000+080 | DER | 32.5 | 40 | 19 | 160 | 76 | 142.22 | 67.56 | 41.85 |
| 23 | 000+080 | EJE | 32.5 | 38 | 20 | 152 | 80 | 135.11 | 71.11 | 48.83 |
| 24 | 000+080 | IZQ | 32.5 | 36 | 16 | 144 | 64 | 128.00 | 56.89 | 43.95 |
| 25 | 000+090 | DER | 32.4 | 37 | 19 | 148 | 76 | 131.67 | 67.62 | 48.78 |
| 26 | 000+090 | EJE | 32.4 | 35 | 16 | 140 | 64 | 124.56 | 56.94 | 46.22 |
| 27 | 000+090 | IZQ | 32.4 | 38 | 16 | 152 | 64 | 135.23 | 56.94 | 39.91 |
| 28 | 000+100 | DER | 32.5 | 22 | 15 | 88 | 60 | 78.22 | 53.33 | 125.56 |
| 29 | 000+100 | EJE | 32.5 | 20 | 13 | 80 | 52 | 71.11 | 46.22 | 125.56 |
| 30 | 000+100 | IZQ | 32.5 | 17 | 10 | 68 | 40 | 60.44 | 35.56 | 125.56 |
| 31 | 000+110 | DER | 32.5 | 24 | 14 | 96 | 56 | 85.33 | 49.78 | 87.89 |
| 32 | 000+110 | EJE | 32.5 | 27 | 13 | 108 | 52 | 96.00 | 46.22 | 62.78 |
| 33 | 000+110 | IZQ | 32.5 | 22 | 11 | 88 | 44 | 78.22 | 39.11 | 79.90 |
| 34 | 000+120 | DER | 32.5 | 29 | 12 | 116 | 48 | 103.11 | 42.67 | 51.70 |
| 35 | 000+120 | EJE | 32.5 | 30 | 15 | 120 | 60 | 106.67 | 53.33 | 58.59 |
| 36 | 000+120 | IZQ | 32.5 | 28 | 14 | 112 | 56 | 99.56 | 49.78 | 62.78 |
| 37 | 000+130 | DER | 32.5 | 23 | 10 | 92 | 40 | 81.78 | 35.56 | 67.61 |
| 38 | 000+130 | EJE | 32.5 | 38 | 21 | 152 | 84 | 135.11 | 74.67 | 51.70 |
| 39 | 000+130 | IZQ | 32.5 | 36 | 18 | 144 | 72 | 128.00 | 64.00 | 48.83 |
| 40 | 000+140 | DER | 32.5 | 40 | 19 | 160 | 76 | 142.22 | 67.56 | 41.85 |
| 41 | 000+140 | EJE | 32.5 | 38 | 20 | 152 | 80 | 135.11 | 71.11 | 48.83 |
| 42 | 000+140 | IZQ | 32.5 | 34 | 14 | 136 | 56 | 120.89 | 49.78 | 43.95 |
| 43 | 000+150 | DER | 32.5 | 29 | 16 | 116 | 64 | 103.11 | 56.89 | 67.61 |
| 44 | 000+150 | EJE | 32.5 | 26 | 10 | 104 | 40 | 92.44 | 35.56 | 54.93 |
| 45 | 000+150 | IZQ | 32.5 | 22 | 12 | 88 | 48 | 78.22 | 42.67 | 87.89 |

| PENDIENTE N°02 | | PEN = 5% | | | | LONG. TRAMO N°02 =120 m | | | | RADIO DE CURVATURA (m) |
|----------------|--------|----------|----------|------------------|------|-------------------------|------|------------------------|--|------------------------|
| Nª | PROGR. | LADO | Temp Pav | LECTURA DE CAMPO | | DEFLEXIONES | | DEFLEXIONES CORREGIDAS | | |
| | | | | E-2 mm | | E-2 mm | | E-2 mm | | |
| Km. | °C | L 0 | L25 | D 0 | D 25 | D 0 | D 25 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|-----|--------|--------|--------|
| 1 | 000+160 | DER | 33.0 | 12 | 2 | 48 | 8 | 42.48 | 7.08 | 88.28 |
| 2 | 000+160 | EJE | 33.0 | 10 | 2 | 40 | 8 | 35.40 | 7.08 | 110.35 |
| 3 | 000+160 | IZQ | 33.0 | 9 | 1 | 36 | 4 | 31.86 | 3.54 | 110.35 |
| 4 | 000+170 | DER | 32.8 | 4 | 2 | 16 | 8 | 14.18 | 7.09 | 440.63 |
| 5 | 000+170 | EJE | 32.8 | 7 | 2 | 28 | 8 | 24.82 | 7.09 | 176.25 |
| 6 | 000+170 | IZQ | 32.8 | 10 | 3 | 40 | 12 | 35.46 | 10.64 | 125.89 |
| 7 | 000+180 | DER | 33.0 | 40 | 23 | 160 | 92 | 141.59 | 81.42 | 51.93 |
| 8 | 000+180 | EJE | 33.0 | 36 | 15 | 144 | 60 | 127.43 | 53.10 | 42.04 |
| 9 | 000+180 | IZQ | 33.0 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.34 | 46.02 | 110.35 |
| 10 | 000+190 | DER | 32.5 | 40 | 19 | 160 | 76 | 142.22 | 67.56 | 41.85 |
| 11 | 000+190 | EJE | 32.5 | 34 | 15 | 136 | 60 | 120.89 | 53.33 | 46.26 |
| 12 | 000+190 | IZQ | 32.5 | 37 | 18 | 148 | 72 | 131.56 | 64.00 | 46.26 |
| 13 | 000+200 | DER | 33.0 | 55 | 30 | 220 | 120 | 194.69 | 106.19 | 35.31 |
| 14 | 000+200 | EJE | 33.0 | 40 | 18 | 160 | 72 | 141.59 | 63.72 | 40.13 |
| 15 | 000+200 | IZQ | 33.0 | 46 | 22 | 184 | 88 | 162.83 | 77.88 | 36.78 |
| 16 | 000+210 | DER | 32.5 | 45 | 35 | 180 | 140 | 160.00 | 124.44 | 87.89 |
| 17 | 000+210 | EJE | 32.5 | 44 | 30 | 176 | 120 | 156.44 | 106.67 | 62.78 |
| 18 | 000+210 | IZQ | 32.5 | 48 | 34 | 192 | 136 | 170.67 | 120.89 | 62.78 |
| 19 | 000+220 | DER | 33.0 | 35 | 13 | 140 | 52 | 123.89 | 46.02 | 40.13 |
| 20 | 000+220 | EJE | 33.0 | 30 | 17 | 120 | 68 | 106.19 | 60.18 | 67.91 |
| 21 | 000+220 | IZQ | 33.0 | 28 | 16 | 112 | 64 | 99.12 | 56.64 | 73.57 |
| 22 | 000+230 | DER | 33.5 | 20 | 15 | 80 | 60 | 70.48 | 52.86 | 177.34 |
| 23 | 000+230 | EJE | 33.5 | 22 | 16 | 88 | 64 | 77.53 | 56.39 | 147.79 |
| 24 | 000+230 | IZQ | 33.5 | 19 | 13 | 76 | 52 | 66.96 | 45.81 | 147.79 |
| 25 | 000+240 | DER | 33.2 | 24 | 16 | 96 | 64 | 84.81 | 56.54 | 110.55 |
| 26 | 000+240 | EJE | 33.2 | 21 | 15 | 84 | 60 | 74.20 | 53.00 | 147.40 |
| 27 | 000+240 | IZQ | 33.2 | 22 | 14 | 88 | 56 | 77.74 | 49.47 | 110.55 |
| 28 | 000+250 | DER | 33.0 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.26 | 46.02 | 147.14 |
| 29 | 000+250 | EJE | 33.0 | 20 | 14 | 80 | 56 | 70.80 | 49.56 | 147.14 |
| 30 | 000+250 | IZQ | 33.0 | 21 | 16 | 84 | 64 | 74.34 | 56.64 | 176.56 |
| 31 | 000+260 | DER | 32.8 | 22 | 16 | 88 | 64 | 78.01 | 56.74 | 146.88 |
| 32 | 000+260 | EJE | 32.8 | 24 | 13 | 96 | 52 | 85.11 | 46.10 | 80.11 |
| 33 | 000+260 | IZQ | 32.8 | 19 | 13 | 76 | 52 | 67.38 | 46.10 | 146.88 |
| 34 | 000+270 | DER | 32.9 | 21 | 12 | 84 | 48 | 74.40 | 42.52 | 98.00 |
| 35 | 000+270 | EJE | 32.9 | 23 | 15 | 92 | 60 | 81.49 | 53.14 | 110.25 |
| 36 | 000+270 | IZQ | 32.9 | 25 | 16 | 100 | 64 | 88.57 | 56.69 | 98.00 |

| PENDIENTE N°03 | | PEND. = 4% | | | | LONG. TRAMO N°03=83.16 m | | | | RADIO DE CURVATURA (m) |
|----------------|--------|------------|----------|------------------|--------|--------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|
| Nª | PROGR. | LADO | Temp Pav | LECTURA DE CAMPO | | DEFLEXIONES | | DEFLEXIONES CORREGIDAS | | |
| | Km. | | | °C | E-2 mm | | E-2 mm | | E-2 mm | |
| L 0 | | L25 | D 0 | | D 25 | D 0 | D 25 | | | |

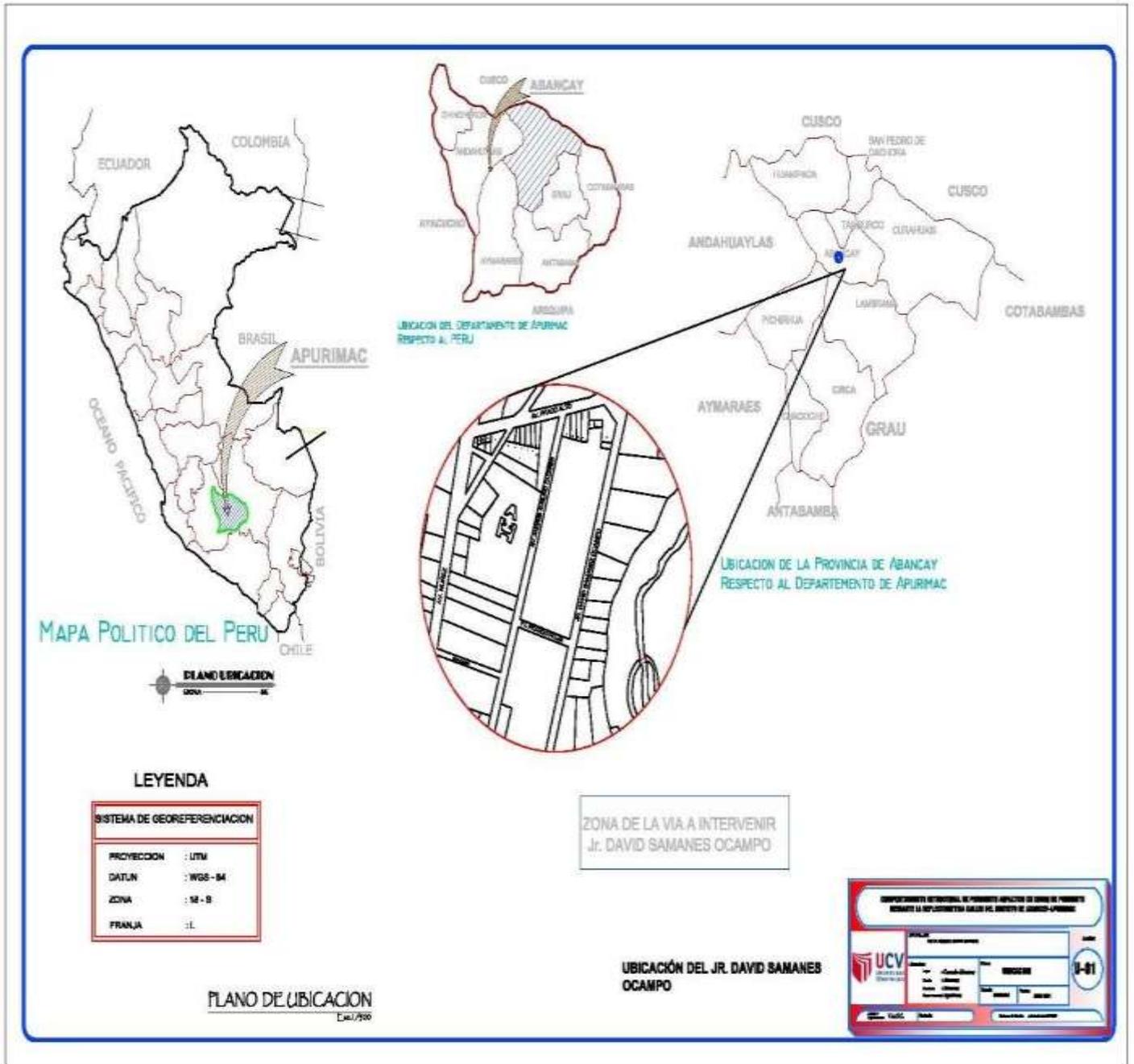
| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-----|------|----|----|-----|-----|--------|--------|--------|
| 1 | 000+280 | DER | 33.0 | 58 | 35 | 232 | 140 | 205.31 | 123.89 | 38.38 |
| 2 | 000+280 | EJE | 33.0 | 54 | 32 | 216 | 128 | 191.15 | 113.27 | 40.13 |
| 3 | 000+280 | IZQ | 33.0 | 46 | 28 | 184 | 112 | 162.83 | 99.12 | 49.05 |
| 4 | 000+290 | DER | 32.8 | 55 | 35 | 220 | 140 | 195.04 | 124.11 | 44.06 |
| 5 | 000+290 | EJE | 32.8 | 49 | 30 | 196 | 120 | 173.76 | 106.38 | 46.38 |
| 6 | 000+290 | IZQ | 32.8 | 52 | 28 | 208 | 112 | 184.40 | 99.29 | 36.72 |
| 7 | 000+300 | DER | 32.9 | 45 | 37 | 180 | 148 | 159.43 | 131.09 | 110.25 |
| 8 | 000+300 | EJE | 32.9 | 44 | 32 | 176 | 128 | 155.89 | 113.37 | 73.50 |
| 9 | 000+300 | IZQ | 32.9 | 41 | 28 | 164 | 112 | 145.26 | 99.20 | 67.85 |
| 10 | 000+310 | DER | 32.6 | 25 | 13 | 100 | 52 | 88.81 | 46.18 | 73.31 |
| 11 | 000+310 | EJE | 32.6 | 20 | 14 | 80 | 56 | 71.05 | 49.73 | 146.61 |
| 12 | 000+310 | IZQ | 32.6 | 19 | 14 | 76 | 56 | 67.50 | 49.73 | 175.94 |
| 13 | 000+320 | DER | 32.5 | 32 | 18 | 128 | 72 | 113.78 | 64.00 | 62.78 |
| 14 | 000+320 | EJE | 32.5 | 27 | 16 | 108 | 64 | 96.00 | 56.89 | 79.90 |
| 15 | 000+320 | IZQ | 32.5 | 24 | 15 | 96 | 60 | 85.33 | 53.33 | 97.66 |
| 16 | 000+330 | DER | 32.5 | 22 | 15 | 88 | 60 | 78.22 | 53.33 | 125.56 |
| 17 | 000+330 | EJE | 32.5 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.67 | 46.22 | 109.86 |
| 18 | 000+330 | IZQ | 32.5 | 25 | 15 | 100 | 60 | 88.89 | 53.33 | 87.89 |
| 19 | 000+340 | DER | 32.7 | 27 | 16 | 108 | 64 | 95.83 | 56.79 | 80.04 |
| 20 | 000+340 | EJE | 32.7 | 23 | 15 | 92 | 60 | 81.63 | 53.24 | 110.06 |
| 21 | 000+340 | IZQ | 32.7 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.53 | 46.14 | 110.06 |
| 22 | 000+350 | DER | 32.8 | 20 | 14 | 80 | 56 | 70.92 | 49.65 | 146.88 |
| 23 | 000+350 | EJE | 32.8 | 23 | 12 | 92 | 48 | 81.56 | 42.55 | 80.11 |
| 24 | 000+350 | IZQ | 32.8 | 21 | 13 | 84 | 52 | 74.47 | 46.10 | 110.16 |
| 25 | 000+360 | DER | 33.0 | 28 | 14 | 112 | 56 | 99.12 | 49.56 | 63.06 |
| 26 | 000+360 | EJE | 33.0 | 29 | 15 | 116 | 60 | 102.65 | 53.10 | 63.06 |
| 27 | 000+360 | IZQ | 33.0 | 32 | 16 | 128 | 64 | 113.27 | 56.64 | 55.18 |
| 28 | 000+370 | DER | 32.8 | 35 | 18 | 140 | 72 | 124.11 | 63.83 | 51.84 |
| 29 | 000+370 | EJE | 32.8 | 32 | 18 | 128 | 72 | 113.48 | 63.83 | 62.95 |
| 30 | 000+370 | IZQ | 32.8 | 30 | 16 | 120 | 64 | 106.38 | 56.74 | 62.95 |
| 31 | 000+374 | DER | 33.0 | 24 | 14 | 96 | 56 | 84.96 | 49.56 | 88.28 |
| 32 | 000+374 | EJE | 33.0 | 25 | 16 | 100 | 64 | 88.50 | 56.64 | 98.09 |
| 33 | 000+374 | IZQ | 33.0 | 22 | 13 | 88 | 52 | 77.88 | 46.02 | 98.09 |

2.- Calculo de número de ejes equivalentes

| TIPO DE VEHÍCULO | CARGA DE VEHÍCULO POR EJE | EJE EQUIVALENTE (EE 2.8 TN) | IMDA | IMDA * FC | DIAS DEL AÑO | Fd | f dcarr | G | N18 |
|------------------|---------------------------|-----------------------------|------|------------|--------------|-----|---------|-------|------------|
| B2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| B3-1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0.0000 |
| | 16 | 1.260585019 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C2 | 7 | 1.265366749 | 24 | 30.368802 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 73052.0036 |
| | 11 | 3.238286961 | 24 | 77.7188871 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 186952.4 |
| C3 | 7 | 1.265366749 | 7 | 8.85756724 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 21306.8344 |
| | 18 | 2.019213454 | 7 | 14.1344942 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 34000.4562 |
| C4 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 23 | 1.508183597 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T2S3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 25 | 1.706026248 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S1 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| T3S3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 25 | 1.706026248 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C2R2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C2R3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|------|----|-------------|---|---|-----|-----|---|-------|---|
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C3R2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 11 | 3.238286961 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| C3R3 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 10 | 2.211793566 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| | 18 | 2.019213454 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |
| B2 | 7 | 1.265366749 | 0 | 0 | 365 | 0.5 | 1 | 13.18 | 0 |

Anexo 05: Planos



Plano N°01: plano de ubicación



imagen satelital: ubicación del área de estudio

Anexo 06: Panel fotográfico



Figura N°01: vista panorámica de la zona de pendiente



Figura N°02: sacando la pendiente en la zona N°01



Figura N°03: lectura de pendiente por intermedio de un eclímetro



Figura N°04: Medición con viga Benkelman en eje de la zona de pendiente N°01.



Figura N°05: lectura de diales de la deformación vertical en el carril izquierdo en zona de pendiente N°01



Figura N°06: Toma de lecturas de la viga Benkelman en el eje de la zona de pendiente n°02



Figura N°07: Toma de lecturas de la viga Benkelman en carril izquierdo de la zona de pendiente n°03



Figura N°08: Toma de lecturas de la viga Benkelman en carril DERECHO de la zona de pendiente n°03



Figura N°9: Ubicación de los puntos a ser evaluados con la viga Benkelman.



Figura N°10: Toma de la temperatura del pavimento con un termómetro digital



Figura N°11: Grupo de trabajo del ensayo de la viga Benkelman



Figura N°12: Grupo de trabajo del ensayo de la viga Benkelman