



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de
curva carretera Tamburco -Taraccasa, Abancay-Apurímac, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Hurtado Casaverde, William (ORCID: 0000-0002-1441-5616)

ASESOR:

Dr. Muñiz Paucamayta, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructural Vial

LIMA — PERÚ

2020

Dedicatoria

A nuestro señor por permitir que este logro profesional se haga una realidad, y haber iluminado mi camino durante este proceso.

A mis padres por el esfuerzo y sacrificio invertido en mi formación educativa, además del apoyo incondicional y emocional

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

Agradecimiento

Mi inmensa gratitud va dirigida a nuestro creador por otorgarme las fuerzas necesarias para concluir mi carrera profesional.

A mis padres y hermanos quienes coadyuvaron a la realización del presente trabajo.

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 contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEORICO	4
III. METODOLOGIA	23
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	23
3.1.1 Método: científico.....	23
3.1.2 Tipo: Aplicada	23
3.1.3 Nivel: Explicativo.....	23
3.1.3 Diseño: Cuasi experimental.....	24
3.2 Variable y Operacionalización	24
3.2.1 Variable 1: Zonas de curva	24
3.2.2 Variable 1: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico.....	24
3.3 Población, muestra y muestreo	25
3.3.1 Población	25
3.3.2 Muestra	26
3.3.2 Muestreo	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.4.1 Técnica. Observación directa	26
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.	27
3.4.2 Validez.....	27
3.4.2 Confiabilidad.....	28
3.5 Procedimientos.....	28
3.5.1 Estudios previos.....	28
3.5.1.1 Estudios de Campo.	28

3.6 Método y análisis de datos	30
3.6.1 Estimación de la variación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva	30
3.6.2 Cálculo de la variación de la deformación lineal del Pavimento Asfáltico en zonas de curva	42
3.6.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural del Pavimento Asfáltico	48
3.7 Aspectos Éticos	53
IV. RESULTADOS	53
V. DISCUSIONES	65
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
ANEXOS	73

Índice de tablas

Tabla 1 Distancias para ensayos	11
Tabla 2 Factores de Corrección por Estacionalidad.....	13
Tabla 3 Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia	15
Tabla 4 Deflexiones características según el tipo de carretera	15
Tabla 5 Relación de carga por eje para determinar EE	18
Tabla 6 Valores de f_d y f_c	19
Tabla 7 Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y Radio de curvatura	20
Tabla 8 Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones	21
Tabla 9 Características de la calidad estructural de un pavimento.....	21
Tabla 10 Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 11 Rangos y magnitudes de validez	27
Tabla 12 Validez Comportamiento estructural de pavimento flexible en zonas de curva	28
Tabla 13 Rangos y magnitudes de Confiabilidad	28
Tabla 14 Datos de obtenidos en zona de curva N°01	30
Tabla 15 Datos de obtenidos en zona de curva N°02.....	32
Tabla 16 Datos de obtenidos en zona de curva N°03.....	33
Tabla 17 IMD de vehículos	40
Tabla 18 Relación de carga con EE.....	40
Tabla 19 Número equivalente de ejes	41
Tabla 20 Deflexión y radios de curvatura en la zona de curva N°01	43
Tabla 21 Deflexión y radios de curvatura en la zona de curva N°02	45
Tabla 22 Deflexión y radios de curvatura en la zona de curva N°03	47
Tabla 23 Variación del comportamiento estructural zona de curva N°01	48
Tabla 24 Variación del comportamiento estructural zona de curva N°02	50
Tabla 25 Variación del comportamiento estructural zona de curva N°03	52
Tabla 26 Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°01	54
Tabla 27 Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°02	55
Tabla 28 Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°03	57
Tabla 29 Resumen del cálculo del radio de Curvatura	58

Índice de figuras

Figura 1 Zonas de curva	2
Figura 2 Fallas en el pavimento	2
Figura 3 Esquema del principio de la viga Benkelman.....	10
Figura 4 Esquema del proceso de medición de la viga Benkelman	11
Figura 5 Elementos de una curva	22
Figura 6 Deflectograma de la zona de curva N°01	54
Figura 7 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona N°01	55
Figura 8 Deflectograma de la zona de curva N°02	56
Figura 9 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona.....	56
Figura 10 Deflectograma de la zona de curva N°03	57
Figura 11 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona N°03	58
Figura 12 Deformación lineal de zona de curva N°01	59
Figura 13 Deformación lineal de zona de curva N°02	59
Figura 14 Deformación lineal de zona de curva N°03	60
Figura 15 Comportamiento de la Subrasante de la Curva N°01	61
Figura 16 Comportamiento de la Subrasante de la Curva N°02.....	61
Figura 17 Condición del Pavimento en la zona de curva N°01	62
Figura 18 Condición del pavimento en la zona de curva N°02	62
Figura 19 Condición del pavimento en la zona de curva N°03	63
Figura 20 Calidad estructural del pavimento en la curva N°01	63
Figura 21 Calidad estructural del pavimento en la curva N°02	64
Figura 22 Calidad estructural del pavimento en la curva N°03	64

RESUMEN

El presente trabajo es de gran importancia ya que contribuirá a las evaluaciones estructurales de los pavimentos flexibles en las zonas de curva que posteriormente se desarrollen en el área donde desarrollo el estudio, este trabajo se ciñe en el objetivo de poder determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva en la carretera Tamburco Taraccasa Abancay-Apurímac, 2020, 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 66.92×10^{-2} mm hasta un 72.31×10^{-2} mm , y una deflexión característica fluctúan entre el rango de 75.03×10^{-2} mm hasta 80.65×10^{-2} mm, se concluye que la condición de la subrasante tiene en un 96 % la condición de buena y un 4% la condición mala, en relación a la condición del pavimento en un 72% se encuentra en buenas condiciones y en 28% tiene la característica de estar en condiciones malas, la calidad estructural el 72% tiene condición buena, el 15% condición regular, el 13% condición mala

Palabras clave: Infraestructura vial, pavimento, flexible

ABSTRACT

The present work is of great importance since it will contribute to the structural evaluations of the flexible pavements in the curve zones that are later developed in the area where the study was developed, this work is limited to the objective of being able to determine the variation of the structural behavior of asphalt pavement in curved areas on the Tamburco Taraccasa Abancay-Apurímac highway, 2020, The research was carried out using the applied scientific method with an explanatory level and a quasi-experimental design, using deflectometry with the equipment called Benkelman beam , which resulted in an average deflection that varies from 66.92×10^{-2} mm to 72.31×10^{-2} mm, and a characteristic deflection fluctuates between the range of 75.03×10^{-2} mm to 80.65×10^{-2} mm, it is concluded that the condition of the subgrade is 96% in good condition and 4% in poor condition, in relation to the condition of the pavement in 72% It is in good condition and 28% has the characteristic of being in poor condition, the structural quality 72% has good condition, 15% fair condition, 13% poor condition

Keywords: Road infrastructure, flexible, pavement

I.INTRODUCCIÓN

En la actualidad la infraestructura vial es considerado como aspecto muy importante en el desarrollo de sociedad desde el punto de vista económico, por ende, hace necesario que las vías ofrezcan un nivel de serviciabilidad adecuado que genere bienestar, confort y seguridad permanente durante su vida útil.

Según la Empresa Británica British Broadcasting Corporation, a través del artículo BBC MUNDO: refiere en su estudio vial que hay existe pocas evidencias tan notorias de las limitaciones existentes del desarrollo latinoamericano, así como por ejemplo la mala condición de sus carreteras. No obstante, refiere que en entre los países desarrollados y los de condición de subdesarrollo existe una inmensa diferencia en referente infraestructura vial y condición como tal, y enfatiza que la pobreza relativa o la condición de riqueza de cada uno de los mencionados no siempre son factores que establezcan esa diferencia. En la actualidad algunos países afrontan problemas evidentes para mantener sus vías, prueba de ello se tiene Haití con 4.266 kilómetros de carreteras construidas, se tiene a Paraguay y Colombia cuya población se encuentra insatisfecha con el estado de sus vías, países como el sudamericano (Bolivia) y centro americano(nicaragua) y en relación a la infraestructura vial no son valoradas según el Banco Mundial, por su parte. British Broadcasting Corporation (2015).

La revista del Instituto vial Iberoamericano indica que uno de los problemas más críticos del transporte viene vehicular la congestión de la carretera central del Perú .En la actualidad ya todas las carreteras están totalmente asfaltadas, se han realizado trabajo de mejoras en algunas zonas curvas y se ha realizado la ampliación de la superficie de rodadura, a pesar de las acciones tomadas los problemas siguen aumentando esto debido al incremento del volumen del tráfico cuyo índice medido diario ha estado en un valor de los 6 400 vehículos y por ende también el incremento del deterioro de los pavimentos flexibles. Instituto Vial Iberoamericano (2016).

Es preocupante el actual deterioro prematuro y acelerado de las vías de pavimento asfáltico de forma específica en las zonas de curva que comprende la ruta 3S en tramo Tamburco – Taraccasa progresiva (778+000 km - 7800 +

500km) , dicho deterioro prematuro se viene visualizando desde hace 8 años debido a la aplicación de tecnologías pasadas o a su incorrecta aplicación y sumado a ello se suma el progresivo incremento de volumen de tránsito a la que se ve sometida esta ruta, este problema es visible por la presencia de bloques o grietas de contracción y piel de cocodrilo en el pavimento flexible en las zonas de curva, haciendo este un inconveniente para el desplazamiento de las unidades vehiculares y en muchos casos generando accidentes que perjudica a la población del distrito de Tamburco, para lo cual es necesario evaluar el comportamiento estructural en las zonas de curva haciendo el uso de ensayos no destructivos los cuales permitirán elevar la performance de los pavimentos evitando fallas y mejorando así su vida útil y de esta forma antelarse a un posible deterioro temprano de los pavimentos flexibles.



Figura 1 Zonas de curva
Fuente Propia



Figura 2 Fallas en el pavimento
Fuente Propia

Analizando la realidad problemática es preciso la formulación del problema, considerando como problema general: ¿cuánto varía el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curvatura Abancay-Apurímac, 2020?, Como problemas específicos; la primera ¿Cuánto varia la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020?, y la segunda ¿Cuál es la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020?

La justificación del problema; desde el punto de vista teórico, el comportamiento estructural de un pavimento asfáltico está sujeto a ser modificado por diversos agentes como los climáticos o por el incremento de volumen del tráfico que no fueron previstas en el diseño y en el proceso de construcción, por ende esta investigación se realizó con el propósito aportar e incrementar el conocimiento en la evaluación del comportamiento estructural de un pavimento en zonas curva desde la perspectiva practica esta investigación obliga a conocer la deflexión máxima y su deformación lineal según estas condicionantes el cual nos permitirá ampliar nuestro conocimiento en el campo de la evaluación estructural del pavimento haciendo uso de ensayos no destructivos a través de la deflectometría, ya que se pretende obtener resultados en situ utilizando la viga Benkelman Finalmente, en lo metodológico, la investigación contribuirá a conocer la forma de evaluación estructural de un pavimento flexible en zonas de curva en este caso específico en la carretera R3S en el tramo Tamburco-Taraccasa, en ese entender por tener carácter científico servirán para posteriores investigaciones.

La investigación fija como objetivo general: Determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay-Apurímac, 2020.; como objetivos específicos: la primera es estimar la variación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020; la segunda calcular la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020.

Planteado los problemas y fijado los objetivos se formula las hipótesis, teniendo como hipótesis general: El comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva varia significativamente, Abancay - Apurímac, 2020; las hipótesis especificas; la primera la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva varía considerablemente, Abancay - Apurímac, 2020; la segunda la deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva varia mínimamente, Abancay-Apurímac, 2020.

II.MARCO TEÓRICO

En los trabajos anteriores se puede citar como **antecedentes nacionales**, Según Cubas de la torre (2017) en la tesis de grado **titulado** “Comportamiento Estructural del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Sur – Cajamarca Utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman” fijo como **objetivo** realizar la evaluación estructural del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Sur – Cajamarca a través de la deflectometría haciendo uso de la viga Benkelman.

Aplicando una **metodología**, tipo de investigación aplicada y diseño no experimental descriptivo obtuvo los **resultados** una deflexión promedio de 92.23×10^{-2} mm una deflexión admisible de 77×10^{-2} mm, deflexión Crítica: 83×10^{-2} mm y una deflexión Característica: 125.426×10^{-2} mm y un radio de curvatura promedio de 588.09 m finalmente, fija como **Conclusiones** que el comportamiento estructural del pavimento flexible de la Carretera ubica entre el Ovalo Musical y la Av. Industrial, a través de la deflectometría el uso de la Viga Benkelman es mala por lo que no cumple con la hipótesis, luego según Quito (2019) en la tesis de grado **titulado** “Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la Carretera Cajamarca-Jesús, Tramo Vd. A Llacanora (Plaza Pecuaria Iscocongá)-La Huaracña; para determinar su Comportamiento Estructural.” fijo como **objetivo** precisar cuál es el comportamiento estructural del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Jesús, a partir de la deflectometría. Aplicando una **metodología**, tipo de investigación No Experimental-Deductiva Descriptiva-aplicativa , se obtuvo los siguientes **resultados** una deflexión promedio igual a 85.1×10^{-2} mm, una deflexión característica igual a 116.7×10^{-2} mm, una deflexión admisible igual a 86.2×10^{-2} mm, deflexión crítica igual a 98.2×10^{-2} mm. y un radio de curvatura promedio de 130.11m Finalmente, fija como **Conclusiones** que el comportamiento estructural de la zona en investigación es de regular calidad, luego según Fernández (2020) en la tesis de grado **titulado** “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, tramo Chaquilpampa - Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico” fijo como **objetivo** determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible de la Carretera Cajamarca -

Balsas tramo del km 20+000 al km 25+000. Aplicando una **metodología**, tipo de investigación No Experimental-Deductiva a través del cual se obtuvo los siguientes **resultados**, una deflexión admisible: 71×10^{-2} mm, una deflexión crítica: 85×10^{-2} mm y la deflexión característica: 67×10^{-2} mm y un radio de curvatura promedio de 329.38m Finalmente, fija como **Conclusiones** que el comportamiento estructural del pavimento flexible en estudio tiene la característica de ser bueno, ya que la deflexión característica es menor que la deflexión admisible.

Según Irigoín y Campos (2020) en la Revista Ciencia Nor@ndina **titulada** “deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota” habla sobre el estudio que tuvo como **objetivo** determinar la situación actual del pavimento flexible centrándose en el deterioro prematuro del mismo de las calles de la ciudad de Chota en las cuadras de los jirones: Inca Garcilaso de la Vega Gregorio Malca, Anaximandro Vega, Mariscal Castilla, coronel Becerra ,Cajamarca, 30 de agosto, José Osores, y 27 de noviembre aplicando a **metodología** , tipo de investigación no experimental-deductiva y descriptiva desarrollando in situ y en gabinete aplicando la metodología de índice de condición del pavimento (PCI) teniendo en consideración el expediente técnico de la construcción de la estructura del pavimento flexible, según menciona la revista tuvo como **resultados** que los tipos de deterioro en las cuadras de la ciudad de chota viene hacer las peladura ocasionadas por el intemperismo en porcentaje de 33.33%, desprendimiento de agregado en un porcentaje del 27.08%, baches en un porcentaje del 12.50%, fisura de borde en un porcentaje del 10.42%, parches de cortes utilitarios en un porcentaje del 8.33%, exudación en un porcentaje del 4.17%, fisura de bloque en un porcentaje del 2.08% y por ultimo fisuras longitudinales transversales 2.08%, identificaron fallas similares como baches en mal estado, piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, agrietamientos longitudinales y transversales. Finalmente, fija como **conclusiones** que los tipos de falla de incidencia mayor son de 33.33%,27.08% y 12.50% que viene hacer respectivamente las peladuras ocasionadas por un intemperismo caracterizándose como severidad alta, el desprendimiento de agregados con un nivel de severidad media y por ultimo los baches con severidad parcialmente media sobre el estado de conservación del pavimento

flexible concluye que va desde un nivel regular con 33.33% a nivel muy malo con 22.22%, obteniendo valor promedio de 35.50 como índice de condición del pavimento en las 18 muestras que se estudió, además indica que el pavimento asfáltico todavía no ha llegado a superar su vida útil de 10 años y ya presenta una mala condición en 44.44% , situación que atribuyen a la falta de mantenimiento, a los cambios de temperatura extremas, al aumento de la tasa del crecimiento vehicular pesado de 0.91% a 1.86%

En los trabajos Previos como **antecedentes internacionales**, Según Salinas (2019) en la tesis de grado **titulado** “Evaluación funcional y estructural del pavimento de la Vía Manuelita Sáenz desde La Intersección Con La Av. Quiz quiz hasta la Intersección con la Av. José Peralta.” fijo como **objetivo** Realizar la evaluación tanto funcional y como estructural del pavimento desde la Av. Quiz quiz hasta la Av. José Peralta en la intersección con vía Manuelita Sáenz. Aplicando una **metodología**, de investigación de carácter exploratorio, analítico, descriptivo y de laboratorio. obtuvo los siguientes **resultados** después de la evaluación con la viga Benkelman: En la sección N°01 se tuvo una deflexión promedio de $42,55 \times 10^{-2}$ mm con una desviación estándar 6,7, una deflexión característica de $53,74 \times 10^{-2}$ mm, una deflexión admisible de $173,27 \times 10^{-2}$ mm, además de una deflexión crítica de $166,50 \times 10^{-2}$ mm y un valor del radio de curvatura promedio de 105,95m que le caracteriza como una deflexión tipo I en la sección N°02 se tuvo una deflexión promedio de $27,13 \times 10^{-2}$ mm con una desviación estándar 2,73, una deflexión característica de $31,63 \times 10^{-2}$ mm, una deflexión admisible de $173,27 \times 10^{-2}$ mm, además de una deflexión crítica de $166,50 \times 10^{-2}$ mm y un radio de curvatura promedio de 181.38m fija como **Conclusiones** que la prueba de deflexión de la viga Benkelman determina que el tipo de deflexión es tipo I, porque la deflexión característica es menor que la deflexión permitida, lo que significa que nuestro subsuelo tiene un buen rendimiento, y el radio de curvatura por encima de 100 indica un rendimiento suficiente de la estructura del pavimento en los dos tramos, luego según Carrasco y Vizhñay (2019) en la tesis de **grado titulado** “Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkelman” fijo como **objetivo** contar con un plan de evaluación estructural para la municipalidad de azogues aplicando una **metodología**, tipo de investigación

No Experimental-Deductiva Descriptiva-aplicativa, se obtuvo los siguientes **resultados**. Una deflexión promedio de 122.6×10^{-2} m Finalmente, fija como **Conclusiones** que la calidad estructural de las dos calzadas que conforman la vía de la Avenida 16 de Abril que fueron evaluadas mediante AASHTO y el Instituto de Asfalto requieren un refuerzo estructural requerido como alternativas de solución, luego según Paredes (2019) en la tesis de grado **titulado** “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” fijo como **objetivo** proponer un sistema de gestión de conservación vial en la carretera Cevallos-Quero en el tramo desde la abscisa K5+800 a la abscisa K9+100 de la provincia de Tungurahua. Aplicando una **metodología** no experimental que comprende la investigación exploratorio, descriptivo, de campo y laboratorio obtuvo los **resultados** siguientes en el tramo 1 una deflexión admisible de 122.92×10^{-2} mm, una deflexión crítica de 128.46×10^{-2} mm, una deflexión característica de 115.67×10^{-2} mm, una desviación estándar 14.765 y un radio de curvatura promedio de 99.99 m y en el tramo 2 se obtuvo una deflexión admisible de 122.92×10^{-2} mm, una deflexión crítica de 128.46×10^{-2} mm, una deflexión característica de 105.77×10^{-2} mm, una desviación estándar 17.613 y un radio de curvatura promedio de 88.87 m Finalmente, fija como **Conclusiones** que la subrasante y de la estructura del pavimento. Analizando todas las deflexiones del tramo podemos concluir que el 100.00% tiene un comportamiento de la Subrasante bueno, considerando el radio de curvatura tiene un comportamiento estructural del Pavimento bueno en un 46.67% y malo en el 53.33%.

En el artículo de la revista de la facultad de Ingeniería de la universidad de cuenca en ecuador Maskana según Ávila et al (2015) **titulado** “Evaluación de pavimentos basados en métodos no destructivos y análisis inverso” donde tiene como **objetivo** dar alcances sobre el análisis de la factibilidad y de la eficiencia que tiene la deflectometría de impacto en la evaluación de la capacidad portante de un pavimento flexible en su estructura, evaluado en las vías locales de la red austral E40 haciendo uso de un equipo no destructivo conocido como deflectómetro de impacto aplicando la **metodología** no experimental que comprende la descripción y comparación de los resultados del uso del FWD que

son interpretadas a bajo el principio del análisis inverso de la técnicas como Yonapave, Aashto 93, Rohde y Lukanen donde obtuvo los **resultados** en donde se verifica que los valores de módulo resiliente obtenidos por las metodologías de Lukanen y Yonapave son menores y que no son comparables con los resultados de la metodología de , Aashto 93 y Rohde que son los valores más altos. Finalmente, la revista indica que dicho ensayo llegó a las siguientes **Conclusiones** que la aplicación del ensayo de deflectometría de impacto (FWD, Falling Weight Deflectometer) que tiene la finalidad de evaluar el comportamiento de pavimento en su estructura basada en el principio de sometimiento a cargas de tránsito es un procedimiento no destructivo de carácter sencillo y práctico. Por otro lado el análisis de los datos provenientes del ensayo de deflectometría de impacto (deflexiones) a través del módulo resiliente obtenido entre las 4 metodologías como Yonapave, Aashto 93, Rohde y Lukanen y con el software denominado Evercalc; han permitido concluir que con los modelos de Lukanen y Yonapave haciendo uso del Evercalc muestra una adecuada tendencia de los resultados, métodos no requieren del espesor del pavimento, por tal característica se establece que una adecuada evaluación estructural y caracterización del pavimento lo proporcionan aquellas metodologías que se encargan de analizar e interpretar las características del cuenco de deflexiones de un pavimento.

En el artículo académico del Instituto mexicano de Transporte Coria et al (2018) **titulado** teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanista en donde tiene **objetivo** dar alcances sobre las deflexiones y deformaciones presentes en los pavimentos flexibles a través de resolución de ejercicios prácticos en diferentes estructuras de pavimento flexible utilizando la **metodología** tipo de investigación no experimental-deductiva, aplicada descriptiva donde se obtuvo **resultados** indica que las respuestas que otorgan la estructura de un pavimento flexible estiman fácilmente mediante el uso de algunos softwares que involucran los parámetros de la teoría elástica multicapa con estas alternativas los pavimentos puede ser evaluados inmediatamente las alternativas de diseño de pavimento y determinar las respuestas que otorgan los pavimento flexibles. Finalmente, este artículo establece las siguientes **conclusiones** que la actualidad los métodos empírico-

mecanicistas de diseño de pavimentos consideran dos deformaciones críticas como son la deformación a tensión debajo de la capa asfáltica que están asociadas a la fatiga o piel de cocodrilo, así como la deformación a compresión arriba de la subrasante asociada a la rodera plástica cuyas respuestas son el objeto de la determinación de esfuerzos y deformaciones en la estructura pavimentos flexibles.

En cuanto a las teorías relacionadas al tema se revisaron conceptos correspondientes y sus respectivas dimensiones.

Sobre el **comportamiento estructural** del pavimento flexible, según Becerra (2012) 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 (p.07). Similarmente, Sánchez (1984) “manifiesta que es la condición principal de un pavimento para que tenga la capacidad de soportar las cargas transmitan las unidades vehiculares que transiten sobre el pavimento”. (pp.21).

Esta variable a su vez está estructurada mediante sus dimensiones de radio de curvatura y la deflexión. **La deflexión** según Montejo (2006) indica que la deflexión es la deformación elástica de un pavimento cuando está bajo la acción de una carga rodante estándar. A través ella se puede evaluar el debilitamiento progresivo del pavimento en su estructura debido a las sollicitaciones de tránsito que lo utiliza. Las deflexiones se pueden determinar haciendo uso de un equipo denominado viga Benkelman o el deflectógrafo Lacroix (p.519). el cálculo de la deflexión está basado en el principio de la deflectometría que se encarga de la evaluación de las deformaciones verticales producto de la acción de una carga o sollicitación. Según Paredes (2019) para determinar las características estructurales de un pavimento se tiene los ensayos denominados destructivos que consiste en realizar calicatas y obtener muestras de las distintas capas del pavimento, con el objetivo de obtener las características estructurales de los materiales conformantes para su evaluación estructural, también se tiene los ensayos denominados no destructivos cuya característica es que no produce daños en el pavimento, y son fáciles de ejecución, se basan en la interpretación

de las deformaciones verticales medidas en la superficie de un pavimento. Según Hoffman del Águila (1985) “indican que las deflexiones causadas por la acción vehicular sobre la superficie de un pavimento flexible, pueden ser determinadas haciendo uso del equipo denominado Viga Benkelman”

Viga Benkelman de 02 brazos, este equipo tiene a finalidad para determinar en un estado de reposo, la deflexión y curvatura recuperable de un pavimento producida por una carga estática, está compuesto por diales al 0.01m y recorrido de 12 mm y dos brazos multiplicadores con relación 1:4, el primer brazo está compuesta por 2 tramos el primer tramo tiene una longitud de 2.44 metros (desde el punto de prueba hasta el pivote) y el segundo tramo tiene una longitud de 0.61 metros (desde el punto de apoyo del vástago del dial hasta el pivote), el segundo brazo también está compuesta por 02 tramos, el primero tramo tiene una longitud de 2.19 metros (desde el punto de prueba al pivote) y el segundo tramo tiene una longitud de 0.5475m (desde el punto del vástago del dial registrador al pivote). la viga Benkelman de doble brazo está fundamentada en el principio de palanca donde se realiza mediciones de lectura en los diales. El procedimiento para su uso esta descrito en el manual de ensayo de materiales (MTC E 1002)

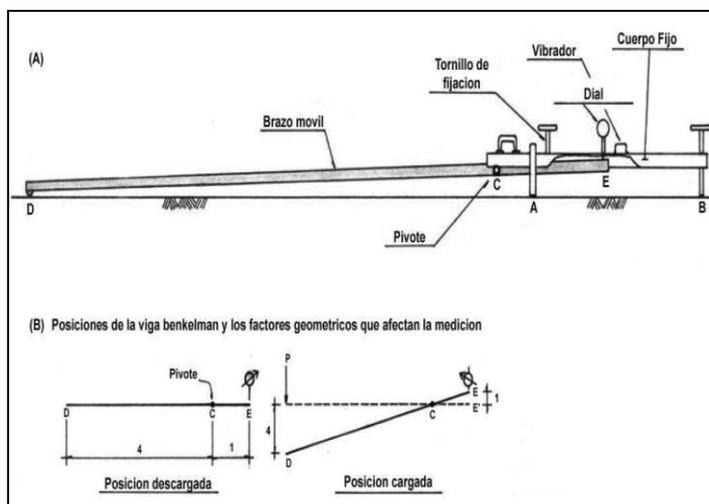


Figura 3 Esquema del principio de la viga Benkelman
Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016)

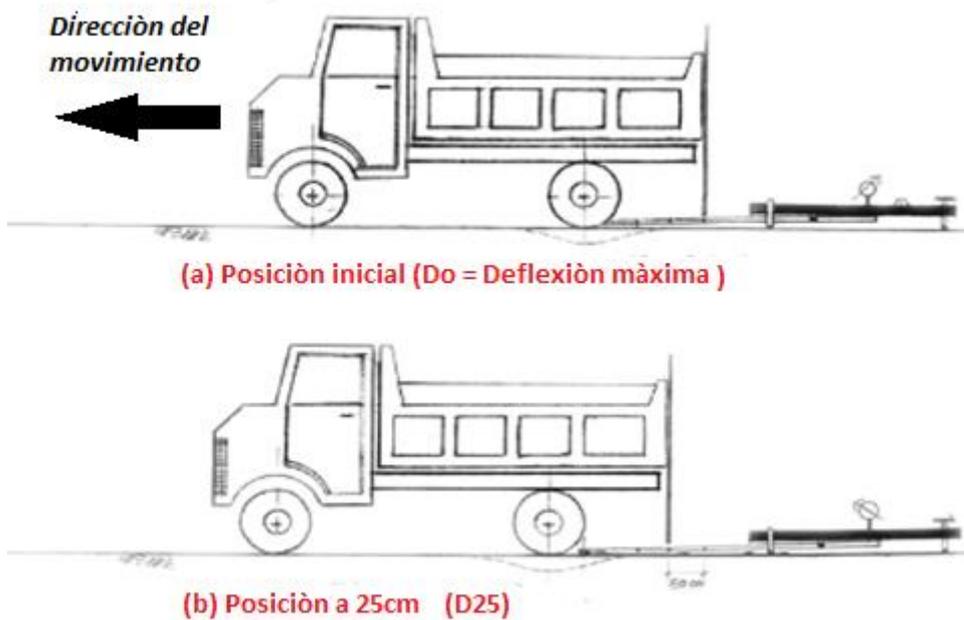


Figura 4 Esquema del proceso de medición de la viga Benkelman
Fuente: Meza (2017)

El Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC E 1002) indica que el punto del pavimento donde se evaluara debe ser marcado convenientemente con una línea paralela al eje de la vía. dicha línea será deber ser medida desde el borde del pavimento, para lo cual se tomó en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 1

Distancias para ensayos

<i>Ancho de carril</i>	<i>Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento</i>
2.70 m	0.45
3.00 m	0.60
3.30 m	0.75
3.60m o mas	0.90

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016)

Para el **cálculo de las deflexiones** el MTC (2016) indica el cálculo será directo si las medidas tomadas han sido realizadas con la viga Benkelman de doble brazo, eso quiere decir que las deflexiones serán el producto entre las lecturas y la relación de brazos de la viga Benkelman doble.

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

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 está en función a la relación de longitudes de brazo de la viga Benkelman doble.

Corrección por temperatura .la temperatura es un agente ambiental que juega un papel considerable en la afectación de las deflexiones recuperables, teniendo en cuenta que la toma de datos en un mismo punto a condiciones de temperatura distintas arroja datos diferentes ya que el incremento de la temperatura generara en la rigidez del pavimento una disminución por tal situación es recomendable realizar la corrección de las deflexiones por temperatura.

Según CONREVIAl (1983) , la corrección por temperatura de las deflexiones se realiza asumiendo que las deflexiones tomadas en cualquier temperatura tienen que estar una temperatura estandarizada de 20°C, la corrección se realiza con la siguiente expresión matemática.

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

Donde:

D_(20°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 estacionalidad del periodo climático en que son tomadas las deformaciones es una consideración importante ya que las condiciones varían en un estado de periodo seco y un periodo de lluvia haciendo que las lecturas de las deformaciones verticales tengan resultados distintos, la estacionalidad influirá en la capacidad de deformación de los generando en muchos casos la saturación por ende generara resultados indeseables.

. Según CONREVIAl (1983) recomienda el uso factores de corrección por estacionalidad, tomando en consideración 02 aspectos: el primero el periodo en que se realizaron los ensayos y el segundo tipo de suelo de subrasante.

Tabla 2

Factores de corrección por estacionalidad

<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 está basada en el tipo de curvatura y el valor de la deflexión máxima que se obtiene al ser sometida por una carga la superficie del pavimento, los resultados son datos confiables en donde tanto la deflexión y el radio de curvatura determinaran la condición de la subrasante y del pavimento, es decir reflejara la condición estructural del pavimento

Según CONREVIAl (1983) define a la **deflexión característica** como un parámetro que está en función a la probabilidad de ocurrencia que esta expresado en porcentajes y la deflexión máxima promedio de las áreas evaluadas, dicho parámetro tiene la característica de ser estadístico.

Según Fernández (2020) indica que las deflexiones tomadas en un área del pavimento presentan una distribución de frecuencias, situación que hace posibles que a partir de las deflexiones individuales se puedan calcular parámetros estadísticos tomando en cuenta la ley de Gauss, el cual permitirá determinar la deflexión promedio (\bar{D}), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (CV) utilizando las siguientes expresiones matemáticas

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

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

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

Para la evaluación estructural del pavimento es necesario determinar la deflexión característica ya que es el valor más representativo de un determinado tramo; considerando el criterio del análisis estadístico, la deflexión característica se determina con la siguiente expresión

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

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

Tomando en consideración que la deflexión promedio representa una parte del pavimento flexible evaluado, a cada valor “t” se le asignara un determinado % del tramo total con la probabilidad de que puedan presentar deflexiones promedio que superen las deflexiones características.

Tabla 3

Valor de "t" y probabilidad de ocurrencia

Valor de Diseño	D_c	Área $\bar{D} > D_c$ %
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
99	$\bar{D} + 2.33\sigma$	1

Fuente: Gutiérrez (2007)

Según Instituto del Asfalto (2000) indica que en las carreteras de California se consideran trabajar un percentil del 80%, y que la recomendación favorable es hacer uso del 98%, a lo cual le corresponde una D_c igual a $(\bar{D} + 2\sigma)$. Por otro lado, el método CONREVIAl recomienda que al valor de D_c sea igual a $(\bar{D} + 1.645\sigma)$ el cual corresponde al 95% de probabilidad de diseño

Tabla 4

Deflexiones características según el tipo de carretera

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: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)

Según CONREVIAl (1983) indica que la deflexión admisible, estará en función a la evaluación del tráfico vehicular del diseño, este parámetro establece un límite para la deflexión característica, el que indica que por encima del valor de la deflexión admisible no garantiza un comportamiento estructural adecuado. Para el cálculo se utiliza la siguiente expresión.

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (Ec. 2.7)$$

Donde:

D_a : Deflexión admisible (mm)

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

Según CONREVIAl (1983) indica que deflexión crítica, estará en función a la evaluación del tráfico de diseño, este parámetro establece un límite para la deflexión característica, el que indica que por encima del valor de la deflexión admisible no garantiza un comportamiento estructural adecuado. Para el cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}} \quad (Ec. 2.8)$$

Donde:

D_{CR} : *Deflexión crítica (mm)*

N_{18} : *Número de repeticiones de ejes equivalente a 8.2 ton (millones)*

Para la determinación del número de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton se toma en consideración solamente vehículos pesados dejando de lado los vehículos ligeros (camionetas, autos, combis, etc.), los ejes equivalentes están definidos como parámetros de equivalencia los cuales indican el factor destructivo de cada tipo de vehículo pesado en función de las cargas por cada tipo de eje. El número de repeticiones de ejes equivalentes esta función al índice medio diario por cada tipo de vehículo pesado, al factor de carga, al factor direccional, al factor de distribución de carril, y a la tasa de crecimiento acumulado, matemáticamente se expresa de la siguiente forma

$$N_{18} = IMD * 365 * fc * fd * fdcarr * G \quad (ec 2.9)$$

IMD = *índice medio diario*

365 = *número de días del año*

fc = *factor de carga*

fd = *factor direccional*

$fdcarr$ = *factor de distribución de carril*

G = *factor de crecimiento*

El factor de carga (fc), viene hacer el factor de cargas por eje que permitirá calcular los ejes equivalentes, para lo cual se utilizará siguiente tabla que establece el ministerio de transporte y comunicaciones.

Tabla 5
Relación de carga por eje para determinar EE

Tipo de eje	Eje equivalente ($EE_{2.8\text{ tn}}$)
<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 factor direccional (fd), el factor de distribución direccional viene hacer aquella relación que involucra al número de vehículos pesados que circulan en una dirección, usualmente toman el valor de la mitad del total del tránsito circulante en ambas direcciones, en algunos casos pueden puede se mayor en una dirección respecto a la otra.

El factor de distribución de carril, es aquel factor que corresponde al valor que se le otorga al carril donde el transito se canaliza la mayor cantidad de tráfico, es decir aquel carril donde recibe un número mayor de ejes equivalentes.

Los factores que están relacionados con el tráfico para el carril están en función al número de direcciones, al número de carriles por calzada, el ministerio de transporte de comunicaciones propone la siguiente tabla para la determinación de los factores en mención.

Tabla 6
Valores de *fd* y *fc*

<i>Numero de calzadas</i>	<i>Numero de sentidos</i>	<i>Numero de carriles por sentido</i>	<i>Factor direccional (fd)</i>	<i>Factor de carril (fc)</i>	<i>Factor ponderado fd * fc</i>
1 calzada	1 sentido	1	1	1.00	1.00
	1 sentido	2	1	0.80	0.80
	1 sentido	3	1	0.60	0.60
	1 sentido	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: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)

Factor de crecimiento, es un factor que representa el crecimiento vehicular, normalmente, las tasas de crecimiento varían entre un 2% y 6%, para el cual se aplica la siguiente expresión matemática.

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

r = tasa anual de crecimiento

n = periodo de diseño

Otra de las dimensiones del comportamiento estructural del pavimento flexible es la **Deformación lineal** según Montejo (2006) viene hacer el radio de curvatura en función a por la tracción lineal, deformación que sufre el pavimento al flexionar cuando existe la acción de carga vehicular.

El método para determinar la deformación lineal se hace uso el radio de curvatura que viene hacer el propuesto por los franceses el cual indica que las deflexiones en función de la distancia hasta el eje de carga tendrán una aproximación hasta una distancia que supere los 25cm, presentando luego una inflexión para atender

asintóticamente hacia la horizontal. El radio de curvatura según la metodología francesa se determina mediante la siguiente expresión matemática (p.524)

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

Donde:

R_c : Radio de Curvatura (m)

D_0 : Deflexión máxima corregida por temperatura (1/100 mm)

D_{25} : Deflexión a 25 cm corregida por temperatura (1/100 mm)

10 : Coeficiente por cambio de unidades

Con los parámetros calculados se hace un análisis en función de la Metodología CONREVIAl criterios de evaluación estructural propuestos por el DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem)

Tabla 7

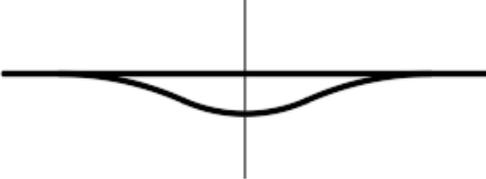
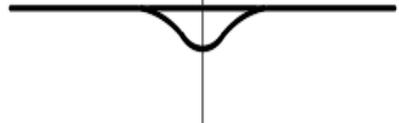
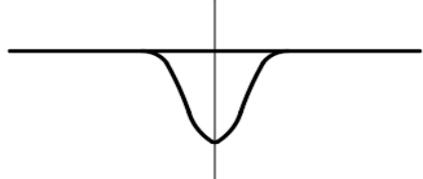
Características del pavimento de en función al tipo de deflexión y R_c

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

Fuente: CONREVIAl (1983)

Tabla 8

Características del pavimento en función al cuenco de deflexiones

Tipo	Cuenca de Deflexiones	Curva Medida	Pavimento Evaluado
I		Curva extensa poco pronunciada	Buen Pavimento Buena subrasante
II		Curva extensa profunda	Buen Pavimento Mala subrasante
III		Curva corta poco Profunda	Mal Pavimento Buena subrasante
IV		Curva corta profunda	Mal Pavimento Mala subrasante

Fuente: CONREVIAl (1983)

Tabla 9

Características de la calidad estructural de un pavimento

Hipótesis	Datos Deflectométricos Obtenidos	Calidad Estructural	Necesidad de Estudios Complementarios	Criterio de Cálculo para Refuerzo	Medidas Correctivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R_c \geq 100$	Buena	No		Solo Correcciones de Superficie
II	$R_c \geq 100$	Si $D_p < 3D_{adm}$ Regular Si $D_p > 3D_{adm}$	No Si	Deflectométrico Deflectométrico, Resistencia	Refuerzo Refuerzo o Reconstrucción

		<i>Mala</i>			
<i>III</i>	$D_p \leq D_{adm}$ $R_c < 100$	<i>Regular a Mala</i>	<i>Si</i>	<i>Resistencia</i>	<i>Refuerzo o Reconstrucción</i>
<i>IV</i>	$D_p > D_{adm}$ $R_c < 100$	<i>Mala</i>	<i>Si</i>	<i>Resistencia</i>	<i>Refuerzo o Reconstrucción</i>

Fuente: DNRE (1998)

La variable **zona de curvatura** según Kraemer et al. (2003) "la curvatura es el inverso del radio de curva de la trayectoria del círculo osculador a la trayectoria en el punto considerado. Su acción es percibida a través de la fuerza centrífuga que produce, en combinación con la velocidad del vehículo" (pag.189), por otro lado, según Cárdenas (2013) "son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Por lo tanto, las curvas reales del espacio no necesariamente son circulares". (pag.38), los compones de una curva esta dado por la siguiente imagen.

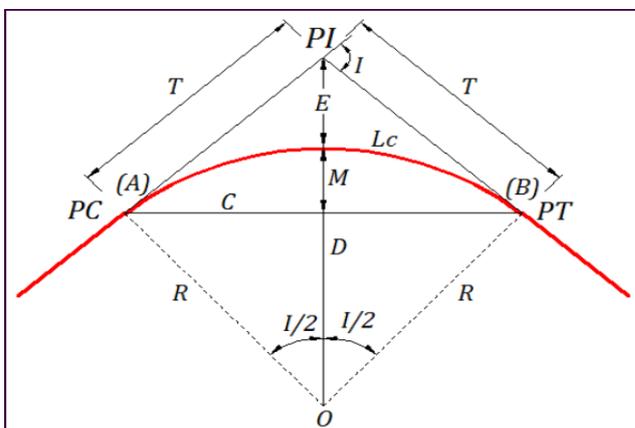


Figura 5 Elementos de una curva
Fuente: Huaripata (2018)

Dónde:

PC: Punto de inicio de curva

PT: Punto de tangencia

R: Radio de la curva (m)

Lc: Longitud de curva (m)

C: Longitud de cuerda (m)

PI: Punto de intersección

I: Ángulo de deflexión

T: Tangente (PC a PI a PT) (m)

E: Externa (m)

M: Flecha u Ordenada media (m)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Método: científico

Según Guerrero (2014) menciona que: “la investigación científica es la obtención de nuevos conocimientos y, por esa vía, buscar dar solución a problemas o interrogantes para lo cual se necesita utilizar la razón, observar con más detenimiento, ubicar concretamente el objeto a investigar” (p. 6).

La investigación en curso se realizó con la observación directa de como varia el comportamiento estructural del pavimento asfaltico en zonas de curva utilizando como método la deflectometría

Según la definición descrita, en esta investigación se hizo uso del método ***científico***

3.1.2 Tipo: Aplicada

Muñoz (2016) Menciona lo siguiente: “la investigación aplicada busca o tiene como fin la aplicación inmediata de los conocimientos obtenidos” (p.35).

La presente investigación se llevó a cabo haciendo uso de los conocimientos obtenidos en la formación profesional el cual permitió evaluar la deflexión y la deformación lineal del pavimento asfaltico en zonas de curva.

Conforme a la teoría revisada, esta investigación se clasifica de tipo ***aplicada***

3.1.3 Nivel: Explicativo

Arias (2012) define “la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.” (p. 26).

La investigación se pretende no solo dar una descripción, sino evaluar y explicar el comportamiento estructural del pavimento asfaltico en zonas de curva.

Bajo este análisis la investigación corresponde a un nivel **Explicativo**

3.1.3 Diseño: Cuasi experimental.

Hernández et al. (2014) indica lo siguiente: los diseños cuasi experimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difieren del experimento “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial del grupo. (p. 154).

La investigación traerá consigo realizar la manipulación de la variable de zonas de curva donde estará en función de su radio con la finalidad de poder evaluar el comportamiento estructural de un pavimento flexible en zonas de curva

Conforme a la teoría revisada, esta investigación tiene un diseño **cuasi experimental**

3.2 Variable y Operacionalización

3.2.1 Variable 1: Zonas de curva

Definición Conceptual

La curvatura es el inverso del radio de curva de la trayectoria del círculo osculador a la trayectoria en el punto considerado. Su acción es percibida a través de la fuerza centrífuga que produce, en combinación con la velocidad del vehículo. Kraemer et al. (2003)

Definición Operacional

La variable zonas de curva se operacionaliza mediante sus dimensiones como son el carril derecho, eje, carril izquierdo que vienen hacer características de la zona de curva de una vía, a su vez cada dimensión esta dividido en 3 indicadores.

3.2.2 Variable 1: Comportamiento estructural de pavimento asfáltico

Definición Conceptual

El comportamiento estructural enfoca los aspectos relacionados a la integridad como estructura de pavimento y lo define como la capacidad del pavimento para soportar la acción combinada del tránsito y el medio ambiente. Becerra (2012)

Definición Operacional

La variable comportamiento estructural de pavimento asfaltico se operacionaliza mediante sus dimensiones de la deflexión y el radio de curvatura que vienen hacer características del comportamiento estructural de un pavimento, a su vez cada dimensión esta dividido en 3 indicadores.

Tabla 10
Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1. Zonas de curva	La curvatura es el inverso del radio de curva de la trayectoria del circulo osculador a la trayectoria en el punto considerado. Su acción es percibida a través de la fuerza centrífuga que produce, en combinación con la velocidad del vehículo. Kramer et al. (2003)	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 D2. eje D2. Carril Izquierdo	I1: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m I1: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m I1: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m	Fichas de recolección de datos	Razón
V2. Comportamiento Estructural de pavimento asfaltico	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

Fuente: Propia

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Rojas (2013) indica que “se refiere a la totalidad de los elementos que poseen las principales características objeto de análisis y sus valores son conocidos como parámetros” (p. 286)

En la presente investigación la población ha sido representada por la infraestructura vial del tramo tamburco-Taraccasa (km 778+000al 781+000) que pertenece a la Vía nacional R3S

3.3.2 Muestra

Según Córdova (2003)“se denomina muestra a un parte de la población seleccionada de acuerdo a un plan o regla, con el fin de obtener información acerca de la población del cual proviene” (p. 3).

Para la presente investigación se tomó como muestra 3 zonas curvas representativas, la zona de curva N°01 con un radio de 46m y una longitud de curva de 53.50m que se ubica en el progresiva km 778+847.32, la zona de curva N°02 con un radio de 16.83m y una longitud de curva de 41.10m que se ubica en la progresiva km 779+468.74, la zona de curva N°03 con un radio de 32 m y una longitud de curva de 61.66m ubicada en la progresiva km 779+582.78

3.3.2 Muestreo

Según Ñaupas et al. (2014) menciona que: “el muestreo es una técnica de base estadístico-matemática que consiste en extraer de un universo o población una muestra” (p. 246).

El muestreo que se realizó en esta investigación, es de tipo no probabilístico ya que la muestra no fue designada al azar. Se realizó la elección de muestra de las zonas de curva más representativas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica. Observación directa

Según Bernal et al. (2014) definen “técnica de investigación, que consiste en analizar con atención las categorías de análisis en el lugar donde ocurre el fenómeno de estudio. La observación puede ser participante o no participante, dependiendo de la intervención del investigador durante dicho proceso”. (p.58)

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

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.

Baena (2014) define lo siguiente: “Las fichas son los instrumentos tradicionales para ir recabando los datos de la investigación. Fáciles de manejar y con los datos resumidos o bien “digeridos” de los autores, el trabajo de la redacción es mucho más fácil”. (p. 65).

Para presente investigación el instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos, el cual es elaborado por el investigador.

3.4.2 Validez.

Carrasco (2006) sostiene que: “es un atributo de los instrumentos de investigación que consiste en medir con objetividad, precisión, veracidad y autenticidad aquello que se desea medir de la variable o variable de estudio” (p. 336).

Tabla 11

Rangos y magnitudes 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)

La validez de contenido de un instrumento de las variables: V1, zonas de curva y V2, comportamiento estructural de pavimento asfáltico se dio a través del juicio de 03 expertos.

Tabla 12*Validez Comportamiento estructural de pavimento flexible en zonas de curva*

N°	Grado académico	Nombre y Apellidos	CIP	Dictamen
1	Ing. Civil	Julio Cesar Gutiérrez Ipenza	230651	1.00
2	Ing. Civil	Nelson Carbajal Céspedes	161297	0.95
3	Ing. Civil	Saul José Chipa Cahuana	193001	1.00

Fuente: Propia

Realizada la validación se tubo con resultado 0.983 que en contraste con la Tabla 11 le otorga una validez muy alta

3.4.2 Confiabilidad.

Landeau (2007) menciona que: “como el grado con el cual el instrumento prueba su consistencia, por los resultados que produce al aplicarlo repetidamente al objeto de estudio” (p.81)

Tabla 13

Rangos y magnitudes 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.

3.5.1.1 Estudios de Campo.

Estudios Topográficos.

Se desarrollo el levantamiento topográfico con la finalidad de poder determinar los elementos conformantes de la zona de curva y la configuración de la vía, el cual se desarrolló por métodos taquimétricos, dicho levantamiento se ejecutó con

una estación total Marca Leica Modelo Ts06 R400 debidamente calibrada. Se anexa certificado de calibración.

La longitud del levantamiento topográfico fue de un 1.2 km desde el km 778+800 hasta 780+000 Se anexa los datos taquimétricos (anexo 5), el plano de planta y de ubicación (ver anexo 4)

Estudios de tráfico

Se desarrollo el control del flujo vehicular en el tramo Tamburco-Taraccasa en el progresivo km 778+000, durante 07 días desde 5:00 horas hasta las 22:00 horas desde el 04/01/2020 hasta el 10/01/2020 se anexa los datos recopilados (ver anexo.), el control se realizó con la finalidad de poder determinar el número de repeticiones de ejes equivalente a 8.2 ton, para lo cual se necesitó 02 personales para con los formatos establecidos por el ministerio de transportes y comunicaciones

Estudios de deflectometría.

Para la determinación de las deflexiones y del radio de curvatura se utilizó la viga Benkelman de doble brazo el cual está fundamentada en el principio de palanca donde se realiza mediciones de lectura en los diales a partir de los cuales se obtuvo dos valores en cada punto de evaluación del pavimento en la zona de curva, la medición se realizó cada 5 m en las zona de curva N°01 que se ubica en la progresiva km 778+847.32 y la zona de curva N°02 que se ubica en la progresiva km 779+468.74 y cada 10 m en la zona de curva N°03 que esa ubicada en la progresiva km 779+582.78

Las distancias del punto de apoyo de ensayo para nuestra investigación se tomaron a 0.75m ya que el ancho promedio del carril de la vía es de 3.50 m en referencia a la tabla

Se utilizo un camión en donde el eje trasero tiene un peso de 8.2Tn que son distribuidas en las ruedas radiales con llantas de caucho de 10"x10" e infladas a 56kg por centímetro cuadro.

Para el desarrollo de este ensayo se utilizó: La viga Benkelman (se anexa certificado de calibración), un camión, un termómetro digital, una wincha de lona de 30m, un GPS navegador, 1/2 gal de pintura, 04 conos, tableros de señalización, 02 woki tokis, el personal que se necesitó para la ejecución del ensayo en mención fue de 02 vigías, 01 personal para el anote de datos, 01 personal para la lectura de los diales de la viga Benkelman.

3.6 Método y análisis de datos

3.6.1 Estimación de la variación de la deflexión del pavimento asfaltico en zonas de curva

Medición de deflexiones

a) Se realizo las lecturas en los diales de la viga Benkelman en 3 zonas curva

Zona de curva N°01, en esta zona se tomó 42 datos en el carril derecho, en el eje, y el carril izquierdo, esta curva tiene un radio de curva de 46 m y una longitud de curva de 53.50m, parámetros obtenidos de levamiento topográfico.

Tabla 14

Datos de obtenidos en zona de curva N°01

DATOS DE CAMPO					
CURVA N°01		R = 46m		Lc =53.50 m	
Nª	PROGR.	LADO	Temp Pav	lectura de campo	
	Km.		°C	E ⁻² mm	
				L 0	L25
1	779+040	DER	32.5	16	8
2	779+040	EJE	32.5	18	10
3	779+040	IZQ	32.5	18	9
4	779+045	DER	32.0	17	9
5	779+045	EJE	32.0	18	10
6	779+045	IZQ	32.0	22	14
7	779+050	DER	33.0	16	9
8	779+050	EJE	33.0	20	13
9	779+050	IZQ	33.0	19	11
10	779+055	DER	32.5	22	15
11	779+055	EJE	32.5	23	16
12	779+055	IZQ	32.5	20	12
13	779+060	DER	32.5	19	11
14	779+060	EJE	32.5	18	12
15	779+060	IZQ	32.5	21	15

16	779+065	DER	32.4	18	11
17	779+065	EJE	32.4	22	16
18	779+065	IZQ	32.4	20	14
19	779+070	DER	32.5	16	11
20	779+070	EJE	32.5	18	11
21	779+070	IZQ	32.5	19	13
22	779+075	DER	32.5	18	12
23	779+075	EJE	32.5	15	10
24	779+075	IZQ	32.5	17	11
25	779+080	DER	32.4	21	15
26	779+080	EJE	32.4	16	9
27	779+080	IZQ	32.4	22	16
28	779+085	DER	32.5	22	15
29	779+085	EJE	32.5	20	13
30	779+085	IZQ	32.5	17	10
31	779+090	DER	33.0	18	12
32	779+090	EJE	33.0	21	16
33	779+090	IZQ	33.0	20	14
34	779+095	DER	33.0	17	11
35	779+095	EJE	33.0	18	10
36	779+095	IZQ	33.0	19	12
37	779+100	DER	32.8	16	8
38	779+100	EJE	32.8	19	11
39	779+100	IZQ	32.8	19	12
40	779+105	DER	32.5	21	10
41	779+105	EJE	32.5	16	8
42	779+105	IZQ	32.5	19	11

Fuente: Propia

Zona de curva N°02, en esta zona se tomó 36 datos en el carril derecho, en el eje, y el carril izquierdo, esta curva tiene un radio de curva de 16.83 m y una longitud de curva de 32.47 m, parámetros obtenidos del levantamiento topográfico.

Tabla 15*Datos de obtenidos en zona de curva N°02*

DATOS DE CAMPO					
CURVA N°02		R = 16.83m		Lc =32.47 m	
N°	PROGR.	LADO	Temp Pav	LECTURA DE CAMPO	
	Km.		°C	L 0	L25
1	779+405	DER	33.0	21	12
2	779+405	EJE	33.0	22	13
3	779+405	IZQ	33.0	18	10
4	779+410	DER	32.8	20	13
5	779+410	EJE	32.8	23	15
6	779+410	IZQ	32.8	18	10
7	779+415	DER	33.0	19	12
8	779+415	EJE	33.0	20	13
9	779+415	IZQ	33.0	21	13
10	779+420	DER	32.5	19	13
11	779+420	EJE	32.5	18	12
12	779+420	IZQ	32.5	19	12
13	779+425	DER	33.0	20	13
14	779+425	EJE	33.0	21	14
15	779+425	IZQ	33.0	19	13
16	779+430	DER	32.5	20	15
17	779+430	EJE	32.5	21	16
18	779+430	IZQ	32.5	19	14
19	779+435	DER	33.0	21	14
20	779+435	EJE	33.0	22	17
21	779+435	IZQ	33.0	22	16
22	779+440	DER	33.5	20	15
23	779+440	EJE	33.5	22	16
24	779+440	IZQ	33.5	19	13
25	779+445	DER	33.2	20	14
26	779+445	EJE	33.2	21	16
27	779+445	IZQ	33.2	22	16
28	779+450	DER	33.0	19	13
29	779+450	EJE	33.0	20	14
30	779+450	IZQ	33.0	21	16
31	779+455	DER	32.8	20	15
32	779+455	EJE	32.8	23	16
33	779+455	IZQ	32.8	19	13
34	779+450	DER	32.9	21	15
35	779+450	EJE	32.9	23	17
36	779+450	IZQ	32.9	22	16

Fuente: Propia

Zona de curva N°03, en esta zona se tomó 33 datos en el carril derecho, en el eje, y el carril izquierdo, esta curva tiene un radio de curva de 32 m y una longitud de curva de 61.66 m, parámetros obtenidos del levantamiento topográficos.

Tabla 16

Datos de obtenidos en zona de curva N°03

DATOS DE CAMPO					
CURVA N°03		R = 32.00 m		Lc =61.66 m	
N ^a	PROGR.	LADO	Temp Pav	Lectura De Campo	
	Km.		°C	E ⁻² mm	
				L 0	L25
1	779+475	DER	33.0	19	13
2	779+475	EJE	33.0	19	14
3	779+475	IZQ	33.0	19	13
4	779+485	DER	32.8	17	11
5	779+485	EJE	32.8	19	12
6	779+485	IZQ	32.8	20	16
7	779+495	DER	32.9	19	15
8	779+495	EJE	32.9	20	15
9	779+495	IZQ	32.9	20	16
10	779+505	DER	32.6	20	13
11	779+505	EJE	32.6	20	14
12	779+505	IZQ	32.6	19	14
13	779+515	DER	32.5	19	14
14	779+515	EJE	32.5	21	14
15	779+515	IZQ	32.5	20	15
16	779+525	DER	32.5	20	15
17	779+525	EJE	32.5	21	16
18	779+525	IZQ	32.5	21	15
19	779+535	DER	32.7	21	15
20	779+535	EJE	32.7	20	15
21	779+535	IZQ	32.7	21	16
22	779+545	DER	32.8	19	14
23	779+545	EJE	32.8	20	13
24	779+545	IZQ	32.8	20	13
25	779+555	DER	33.0	19	12
26	779+555	EJE	33.0	20	12
27	779+555	IZQ	33.0	20	12
28	779+565	DER	32.8	20	12
29	779+565	EJE	32.8	20	11
30	779+565	IZQ	32.8	20	11
31	779+575	DER	33.0	19	10
32	779+575	EJE	33.0	18	10
33	779+575	IZQ	33.0	19	8

Fuente: propia

- b) Obtenida la lectura en las 03 zonas de curva se procede a realizar el cálculo de las deflexiones haciendo uso de la (Ec.2.1), ya que la toma de datos se realizó con una viga Benkelman de doble brazo con lecturas en el mismo eje de la carga y a 25cm del mismo, así como lo establece el Manual de ensayos de materiales (MTC E1002) del Ministerio de transportes y comunicaciones.

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

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 16 * 4$$

$$D_{0_1} = 64$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 8 * 4$$

$$D_{25_1} = 32$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 42 datos ver tabla 14

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

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 21 * 4$$

$$D_{0_1} = 84$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 12 * 4$$

$$D_{25_1} = 48$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 36 datos ver tabla 15.

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

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{0_1} = 19 * 4$$

$$D_{0_1} = 76$$

$$D_n = L_D * R_B$$

$$D_{25_1} = 13 * 4$$

$$D_{25_1} = 52$$

Se realizó el mismo procedimiento para los 33 datos ver tabla 16

- c) Una vez realizado los cálculos de la deflexión se procedió a realizar las correcciones tanto de temperatura como estacionalidad, así como lo establece la metodología CONREVIAl, para la corrección por estacionalidad le corresponde el factor 1.0 según la tabla 2.1 por esta en una estación lluviosa por otro lado la corrección por temperatura se realizó, mediante la siguiente (ec. 2.2)

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

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

$$D_{0_1} = \frac{64}{0.001(32.50 - 20).10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 56.89$$

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

$$D_{25_1} = \frac{32}{0.001(32.50 - 20).10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 28.44$$

Se realizó el mismo procedimiento para los 42 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 14.

Corrección de Temperatura para D_0 y D_{25} en la zona de curva N°02

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

$$D_{0_1} = \frac{84}{0.001(33 - 20).10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 74.34$$

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

$$D_{25_1} = \frac{48}{0.001(33 - 20).10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 42.48$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 36 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 15

Corrección de Temperatura para D_0 y D_{25} en la zona de curva N°03

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

$$D_{0_1} = \frac{76}{0.001(33 - 20).10 + 1}$$

$$D_{0_1} = 67.26$$

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

$$D_{25_1} = \frac{52}{0.001(33 - 20).10 + 1}$$

$$D_{25_1} = 46.02$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 33 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 16

d) Se procede a calcular los parámetros respecto a la deflexión máxima

i. **Deflexión Promedio**, para lo cual utilizaremos la (ec.2.3)

Cálculo de la deflexión promedio de zona de curva N°01 de 42 datos tomados

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

$$\bar{D} = 66.92 \times 10^{-2} mm$$

Cálculo de la deflexión promedio de zona de curva N°02 de 36 datos tomados

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

$$\bar{D} = 72.31 \times 10^{-2} mm$$

Cálculo de la deflexión promedio de zona de curva N°03 de 33 datos tomados

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

$$\bar{D} = 69.75 \times 10^{-2} mm$$

ii. **Desviación estándar**, para lo cual utilizaremos la (ec.2.4)

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°01 de 42 datos tomados

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

$$\sigma = 7.38 \times 10^{-2} mm$$

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°02 de 36 datos tomados

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

$$\sigma = 5.07 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°03 de 33 datos tomados

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

$$\sigma = 3.21 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

iii. **Coefficiente de Variación**, para el cálculo se utilizará la (e.c 2.5)

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°01

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

$$cv = \frac{7.38}{66.92} * 100$$

$$cv = 11.33\% \text{ baja variabilidad}$$

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°02

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

$$cv = \frac{5.07}{72.31} * 100$$

$$cv = 7.02\% \text{ baja variabilidad}$$

Cálculo de la desviación estándar de la zona de curva N°03

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

$$cv = \frac{3.21}{69.75} * 100$$

$$cv = 4.60\% \text{ baja variabilidad}$$

- iv. **Deflexión característica**, para lo cual utilizaremos la (ec.2.6), además del valor de t será 1.645 según la metodología CONREVIAl Tabla 3.

Cálculo de la deflexión característica de la zona de curva N°01.

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

$$D_c = 66.92 + 1.645 * 7.38$$

$$D_c = 79.06 \times 10^{-2} mm$$

Cálculo de la deflexión característica de la zona de curva N°02.

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

$$D_c = 72.31 + 1.645 * 5.07$$

$$D_c = 80.65 \times 10^{-2} mm$$

Cálculo de la deflexión característica de la zona de curva N°03.

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

$$D_c = 69.75 + 1.645 * 3.21$$

$$D_c = 75.03 \times 10^{-2} mm$$

- v. **Deflexión admisible**, se utilizará la (ec. 2.7), el N18 se calculó en referencia a la (ec.2.9)

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

Para el cálculo de IMD, se tomó en cuenta el control del flujo vehicular (ver anexo), al cual se le asignó un factor de corrección de 1.228084, dato obtenido de la estación de peaje de casinchiua, el índice medio diario de cada vehículo pesado se muestra en la siguiente tabla.

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	27	56	195	63	25	7	7	20	7	25	199	11	5	4	10

Fuente: propia

El factor de carga se determinó en función al peso de cada eje de cada tipo de vehículo pesado tomando las consideraciones de la tabla 5, los datos cálculos se muestra en la siguiente tabla

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

Par determinar el factor direccional se tomó en cuenta que el tramo en estudio consta de 02 carriles y cada carril en un sentido se tomó el valor de 0.5 en referencia a la tabla 6.

Par determinar el factor de distribución de carril se tomó en cuenta que el tramo en estudio consta de 02 carriles y cada carril en un sentido se tomó el valor de 1.0 en referencia a la tabla 6

El factor de crecimiento se determinó con (ec 2.10), se tiene un periodo de diseño de 5 años y tasa de crecimiento vehicular de 3.00%

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

$$G = \frac{(1 + 0.03)^5 - 1}{r}$$

$$G = 5.31$$

Finalmente se calculó 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	27	34.1649022	365	0.5	1	5.31	33102.9643
	11	3.238286961	27	87.4337479	365	0.5	1	5.31	84716.0697
B3-1	7	1.265366749	56	70.8605379	365	0.5	1	5.31	68658
	16	1.260585019	56	70.592761	365	0.5	1	5.31	68398.5464
C2	7	1.265366749	195	246.746516	365	0.5	1	5.31	239076.964
	11	3.238286961	195	631.465957	365	0.5	1	5.31	611838.281
C3	7	1.265366749	63	79.7181052	365	0.5	1	5.31	77240.2501
	18	2.019213454	63	127.210448	365	0.5	1	5.31	123256.402
C4	7	1.265366749	25	31.6341687	365	0.5	1	5.31	30650.8929
	23	1.508183597	25	37.7045899	365	0.5	1	5.31	36532.6289
T2S1	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
T2S2	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
	18	2.019213454	7	14.1344942	365	0.5	1	5.31	13695.1557
T2S3	7	1.265366749	20	25.307335	365	0.5	1	5.31	24520.7143
	11	3.238286961	20	64.7657392	365	0.5	1	5.31	62752.6442
	25	1.706026248	20	34.120525	365	0.5	1	5.31	33059.9664
T3S1	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	18	2.019213454	7	14.1344942	365	0.5	1	5.31	13695.1557
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
T3S2	7	1.265366749	25	31.6341687	365	0.5	1	5.31	30650.8929
	18	2.019213454	25	50.4803363	365	0.5	1	5.31	48911.2705
	18	2.019213454	25	50.4803363	365	0.5	1	5.31	48911.2705
T3S3	7	1.265366749	199	251.807983	365	0.5	1	5.31	243981.107
	18	2.019213454	199	401.823477	365	0.5	1	5.31	389333.713
	25	1.706026248	199	339.499223	365	0.5	1	5.31	328946.666
C2R2	7	1.265366749	11	13.9190342	365	0.5	1	5.31	13486.3929
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
C2R3	7	1.265366749	5	6.32683374	365	0.5	1	5.31	6130.17858
	11	3.238286961	5	16.1914348	365	0.5	1	5.31	15688.1611
	11	3.238286961	5	16.1914348	365	0.5	1	5.31	15688.1611
	18	2.019213454	5	10.0960673	365	0.5	1	5.31	9782.25409
C3R2	7	1.265366749	4	5.06146699	365	0.5	1	5.31	4904.14286
	18	2.019213454	4	8.07685382	365	0.5	1	5.31	7825.80327

	11	3.238286961	4	12.9531478	365	0.5	1	5.31	12550.5288
	11	3.238286961	4	12.9531478	365	0.5	1	5.31	12550.5288
C3R3	7	1.265366749	10	12.6536675	365	0.5	1	5.31	12260.3572
	18	2.019213454	10	20.1921345	365	0.5	1	5.31	19564.5082
	10	2.211793566	10	22.1179357	365	0.5	1	5.31	21430.4502
	18	2.019213454	10	20.1921345	365	0.5	1	5.31	19564.5082
								N18	3000497.85

Fuente: propia

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = \left(\frac{1.15}{3}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = 78.68 \times 10^{-2} mm$$

vi. **Deflexión Crítica**, se utilizará la (ec. 2.8),

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{3}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{CR} = 91.74 \times 10^{-2} mm$$

3.6.2 Cálculo de la variación de la deformación lineal del Pavimento Asfáltico en zonas de curva

Realizado el cálculo de las deflexiones y sus respectivos parámetros se procede a calcular la deformación lineal que viene expresada por el radio de curvatura para lo se utilizara la (ec.11)

Cálculo del radio de curvatura en la zona de curva N°01

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

$$R_C = \frac{10 \times 25^2}{2 * (59.81 - 29.91)}$$

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

Se realizo el mismo procedimiento para los 42 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 20

Tabla 20

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

CURVA N°01		R = 46m				Lc = 53.50 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	779+040	DER	32.5	16	8	64	32	59.81	29.91	97.66
2	779+040	EJE	32.5	18	10	72	40	67.92	37.74	97.66
3	779+040	IZQ	32.5	18	9	72	36	67.29	33.64	86.81
4	779+045	DER	32.0	17	9	68	36	63.55	33.64	97.66
5	779+045	EJE	32.0	18	10	72	40	67.92	37.74	97.66
6	779+045	IZQ	32.0	22	14	88	56	83.02	52.83	97.66
7	779+050	DER	33.0	16	9	64	36	59.81	33.64	111.61
8	779+050	EJE	33.0	20	13	80	52	74.77	48.60	111.61
9	779+050	IZQ	33.0	19	11	76	44	71.70	41.51	97.66
10	779+055	DER	32.5	22	15	88	60	82.24	56.07	111.61
11	779+055	EJE	32.5	23	16	92	64	86.79	60.38	111.61
12	779+055	IZQ	32.5	20	12	80	48	74.77	44.86	97.66
13	779+060	DER	32.5	19	11	76	44	71.03	41.12	97.66
14	779+060	EJE	32.5	18	12	72	48	67.92	45.28	130.21
15	779+060	IZQ	32.5	21	15	84	60	78.50	56.07	130.21

16	779+065	DER	32.4	18	11	72	44	67.29	41.12	111.61
17	779+065	EJE	32.4	22	16	88	64	83.02	60.38	130.21
18	779+065	IZQ	32.4	20	14	80	56	75.47	52.83	130.21
19	779+070	DER	32.5	16	11	64	44	59.81	41.12	156.25
20	779+070	EJE	32.5	18	11	72	44	67.92	41.51	111.61
21	779+070	IZQ	32.5	19	13	76	52	71.70	49.06	130.21
22	779+075	DER	32.5	18	12	72	48	66.67	44.44	130.21
23	779+075	EJE	32.5	15	10	60	40	55.56	37.04	156.25
24	779+075	IZQ	32.5	17	11	68	44	63.55	41.12	130.21
25	779+080	DER	32.4	21	15	84	60	78.50	56.07	130.21
26	779+080	EJE	32.4	16	9	64	36	59.81	33.64	111.61
27	779+080	IZQ	32.4	22	16	88	64	82.24	59.81	130.21
28	779+085	DER	32.5	22	15	88	60	83.02	56.60	111.61
29	779+085	EJE	32.5	20	13	80	52	74.77	48.60	111.61
30	779+085	IZQ	32.5	17	10	68	40	64.15	37.74	111.61
31	779+090	DER	33.0	18	12	72	48	67.29	44.86	130.21
32	779+090	EJE	33.0	21	16	84	64	78.50	59.81	156.25
33	779+090	IZQ	33.0	20	14	80	56	74.77	52.34	130.21
34	779+095	DER	33.0	17	11	68	44	62.96	40.74	130.21
35	779+095	EJE	33.0	18	10	72	40	66.67	37.04	97.66
36	779+095	IZQ	33.0	19	12	76	48	70.37	44.44	111.61
37	779+100	DER	32.8	16	8	64	32	59.81	29.91	97.66
38	779+100	EJE	32.8	19	11	76	44	71.03	41.12	97.66
39	779+100	IZQ	32.8	19	12	76	48	71.70	45.28	111.61
40	779+105	DER	32.5	21	10	84	40	78.50	37.38	71.02

41	779+105	EJE	32.5	16	8	64	32	59.81	29.91	97.66
42	779+105	IZQ	32.5	19	11	76	44	71.70	41.51	97.66

Fuente: propia

Cálculo del radio de curvatura en la zona de curva N°02

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

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (78.50 - 44.86)}$$

$$R_C = 86.81$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 36 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 21

Tabla 21

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

CURVA N°02		R = 16.83 m				Lc =32.47 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	779+405	DER	33.0	21	12	84	48	78.50	44.86	86.81
2	779+405	EJE	33.0	22	13	88	52	82.24	48.60	86.81
3	779+405	IZQ	33.0	18	10	72	40	67.92	37.74	97.66
4	779+410	DER	32.8	20	13	80	52	74.77	48.60	111.61
5	779+410	EJE	32.8	23	15	92	60	85.98	56.07	97.66
6	779+410	IZQ	32.8	18	10	72	40	67.92	37.74	97.66
7	779+415	DER	33.0	19	12	76	48	71.03	44.86	111.61
8	779+415	EJE	33.0	20	13	80	52	75.47	49.06	111.61
9	779+415	IZQ	33.0	21	13	84	52	78.50	48.60	97.66

10	779+420	DER	32.5	19	13	76	52	71.03	48.60	130.21
11	779+420	EJE	32.5	18	12	72	48	67.92	45.28	130.21
12	779+420	IZQ	32.5	19	12	76	48	71.03	44.86	111.61
13	779+425	DER	33.0	20	13	80	52	74.77	48.60	111.61
14	779+425	EJE	33.0	21	14	84	56	79.25	52.83	111.61
15	779+425	IZQ	33.0	19	13	76	52	71.70	49.06	130.21
16	779+430	DER	32.5	20	15	80	60	74.07	55.56	156.25
17	779+430	EJE	32.5	21	16	84	64	77.78	59.26	156.25
18	779+430	IZQ	32.5	19	14	76	56	71.03	52.34	156.25
19	779+435	DER	33.0	21	14	84	56	78.50	52.34	111.61
20	779+435	EJE	33.0	22	17	88	68	82.24	63.55	156.25
21	779+435	IZQ	33.0	22	16	88	64	82.24	59.81	130.21
22	779+440	DER	33.5	20	15	80	60	74.77	56.07	156.25
23	779+440	EJE	33.5	22	16	88	64	83.02	60.38	130.21
24	779+440	IZQ	33.5	19	13	76	52	71.03	48.60	130.21
25	779+445	DER	33.2	20	14	80	56	74.77	52.34	130.21
26	779+445	EJE	33.2	21	16	84	64	79.25	60.38	156.25
27	779+445	IZQ	33.2	22	16	88	64	82.24	59.81	130.21
28	779+450	DER	33.0	19	13	76	52	71.70	49.06	130.21
29	779+450	EJE	33.0	20	14	80	56	74.77	52.34	130.21
30	779+450	IZQ	33.0	21	16	84	64	78.50	59.81	156.25
31	779+455	DER	32.8	20	15	80	60	74.77	56.07	156.25
32	779+455	EJE	32.8	23	16	92	64	85.98	59.81	111.61
33	779+455	IZQ	32.8	19	13	76	52	71.70	49.06	130.21
34	779+450	DER	32.9	21	15	84	60	79.25	56.60	130.21

35	779+450	EJE	32.9	23	17	92	68	85.98	63.55	130.21
36	779+450	IZQ	32.9	22	16	88	64	83.02	60.38	130.21

Fuente: Propia

Cálculo del radio de curvatura en la zona de curva N°03

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

$$R_C = \frac{10x25^2}{2 * (71.70 - 49.09)}$$

$$R_C = 130.21$$

Se realizo el mismo procedimiento para los 30 datos en función a la temperatura obtenida en el pavimento ver tabla 22

Tabla 22

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

CURVA N°03		R = 32.00 m				Lc =61.66 m			
N ^a	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	779+475	DER	33.0	19	13	76	52	71.70	49.06
2	779+475	EJE	33.0	19	14	76	56	71.70	52.83
3	779+475	IZQ	33.0	19	13	76	52	72.38	49.52
4	779+485	DER	32.8	17	11	68	44	64.15	41.51
5	779+485	EJE	32.8	19	12	76	48	72.38	45.71
6	779+485	IZQ	32.8	20	16	80	64	75.47	60.38
7	779+495	DER	32.9	19	15	76	60	72.38	57.14
8	779+495	EJE	32.9	20	15	80	60	75.47	56.60
9	779+495	IZQ	32.9	20	16	80	64	76.19	60.95
10	779+505	DER	32.6	20	13	80	52	75.47	49.06
11	779+505	EJE	32.6	20	14	80	56	76.19	53.33
12	779+505	IZQ	32.6	19	14	76	56	71.70	52.83
13	779+515	DER	32.5	19	14	76	56	71.70	52.83
14	779+515	EJE	32.5	21	14	84	56	80.00	53.33

15	779+515	IZQ	32.5	20	15	80	60	76.19	57.14
16	779+525	DER	32.5	20	15	80	60	76.19	57.14
17	779+525	EJE	32.5	21	16	84	64	79.25	60.38
18	779+525	IZQ	32.5	21	15	84	60	80.00	57.14
19	779+535	DER	32.7	21	15	84	60	79.25	56.60
20	779+535	EJE	32.7	20	15	80	60	76.19	57.14
21	779+535	IZQ	32.7	21	16	84	64	79.25	60.38
22	779+545	DER	32.8	19	14	76	56	72.38	53.33
23	779+545	EJE	32.8	20	13	80	52	75.47	49.06
24	779+545	IZQ	32.8	20	13	80	52	75.47	49.06
25	779+555	DER	33.0	19	12	76	48	72.38	45.71
26	779+555	EJE	33.0	20	12	80	48	75.47	45.28
27	779+555	IZQ	33.0	20	12	80	48	75.47	45.28
28	779+565	DER	32.8	20	12	80	48	76.19	45.71
29	779+565	EJE	32.8	20	11	80	44	75.47	41.51
30	779+565	IZQ	32.8	20	11	80	44	75.47	41.51
31	779+575	DER	33.0	19	10	76	40	71.70	37.74
32	779+575	EJE	33.0	18	10	72	40	68.57	38.10
33	779+575	IZQ	33.0	19	8	76	32	73.08	30.77

Fuente: propia

3.6.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural del Pavimento Asfáltico

Con los cálculos realizados se procede a determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible tomando en consideración los criterios planteados por CONREVIAl y DNER

Tabla 23

Variación del comportamiento estructural zona de curva 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	779+040	59.81	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
2	779+040	67.92	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
3	779+040	67.29	78.68	100	86.81	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
4	779+045	63.55	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
5	779+045	67.92	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
6	779+045	83.02	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Mala	Tipo IV

7	779+050	59.81	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
8	779+050	74.77	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
9	779+050	71.70	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
10	779+055	82.24	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
11	779+055	86.79	78.68	100	111.61	Malo	Bueno	Buena	Tipo II
12	779+055	74.77	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
13	779+060	71.03	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
14	779+060	67.92	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
15	779+060	78.50	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
16	779+065	67.29	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
17	779+065	83.02	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
18	779+065	75.47	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
19	779+070	59.81	78.68	100	156.25	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
20	779+070	67.92	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
21	779+070	71.70	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
22	779+075	66.67	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
23	779+075	55.56	78.68	100	156.25	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
24	779+075	63.55	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
25	779+080	78.50	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
26	779+080	59.81	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
27	779+080	82.24	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
28	779+085	83.02	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
29	779+085	74.77	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
30	779+085	64.15	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
31	779+090	67.29	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I

32	779+090	78.50	78.68	100	156.25	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
33	779+090	74.77	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
34	779+095	62.96	78.68	100	130.21	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
35	779+095	66.67	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo II
36	779+095	70.37	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
37	779+100	59.81	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
38	779+100	71.03	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
39	779+100	71.70	78.68	100	111.61	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
40	779+105	78.50	78.68	100	71.02	Bueno	Malo	Mala	Tipo IV
41	779+105	59.81	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
42	779+105	71.70	78.68	100	97.66	Bueno	Malo	Regular	Tipo III

Fuente: Propia

Tabla 24

Variación del comportamiento estructural zona de curva 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	779+405	74.34	78.68	86.81	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo IV
2	779+405	77.88	78.68	86.81	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo IV
3	779+405	63.72	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
4	779+410	70.92	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
5	779+410	81.56	78.68	97.66	100	Malo	Malo	Mala	Tipo I
6	779+410	63.83	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
7	779+415	67.26	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
8	779+415	70.80	78.68	111.61	100	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
9	779+415	74.34	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
10	779+420	67.56	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I

11	779+420	64.00	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
12	779+420	67.56	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
13	779+425	70.80	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
14	779+425	74.34	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
15	779+425	67.26	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
16	779+430	71.11	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
17	779+430	74.67	78.68	156.25	100	Bueno	Malo	Regular	Tipo III
18	779+430	67.56	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
19	779+435	74.34	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
20	779+435	77.88	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
21	779+435	77.88	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
22	779+440	70.48	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
23	779+440	77.53	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
24	779+440	66.96	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
25	779+445	70.67	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
26	779+445	74.20	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
27	779+445	77.74	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
28	779+450	67.26	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
29	779+450	70.80	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
30	779+450	74.34	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
31	779+455	70.92	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
32	779+455	81.56	78.68	111.61	100	Malo	Bueno	Buena	Tipo II
33	779+455	67.38	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
34	779+450	74.40	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
35	779+450	81.49	78.68	130.21	100	Malo	Bueno	Buena	Tipo II

36	779+450	77.95	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
----	---------	-------	-------	--------	-----	-------	-------	-------	--------

Fuente Propia

Tabla 25

Variación del comportamiento estructural zona de curva 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	779+475	67.26	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
2	779+475	67.26	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
3	779+475	67.26	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
4	779+485	60.28	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
5	779+485	67.38	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
6	779+485	70.92	78.68	195.31	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
7	779+495	67.32	78.68	195.31	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
8	779+495	70.86	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
9	779+495	70.86	78.68	195.31	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
10	779+505	71.05	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
11	779+505	71.05	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
12	779+505	67.50	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
13	779+515	67.56	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
14	779+515	74.67	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
15	779+515	71.11	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
16	779+525	71.11	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
17	779+525	74.67	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
18	779+525	74.67	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II

19	779+535	74.53	78.68	130.21	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
20	779+535	70.98	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
21	779+535	74.53	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo II
22	779+545	67.38	78.68	156.25	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
23	779+545	70.92	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
24	779+545	70.92	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
25	779+555	67.26	78.68	111.61	100	Bueno	Bueno	Buena	Tipo I
26	779+555	70.80	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
27	779+555	70.80	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
28	779+565	70.92	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo IV
29	779+565	70.92	78.68	86.81	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
30	779+565	70.92	78.68	86.81	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
31	779+575	67.26	78.68	86.81	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
32	779+575	63.72	78.68	97.66	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III
33	779+575	67.26	78.68	71.02	100	Bueno	Malo	Mala	Tipo III

Fuente: Propia

3.7 Aspectos Éticos

En esta presente investigación se respetó la propiedad intelectual de los autores, la confiabilidad de la información recogida, la validez de los resultados, se puso en práctica criterios éticos como objetividad, la confidencialidad y la originalidad

IV. RESULTADOS

Los resultados que se mostraran están enmarcados a los objetivos establecidos

4.1 Estimación de la variación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva.

De los calculados realizados en la zona de curva de radio de 46 m y de una longitud de curva de 53.50m se tuvo como resultado que un 55 % del pavimento

flexible tiene una característica de tipo I, un 12% tiene una característica de tipo II, un 29 %tiene una característica de tipo III y 5% tiene una característica de tipo IV, se presenta en la siguiente tabla los parámetros calculados

Tabla 26

Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°01

Parámetros	valor
<i>Deflexión promedio</i>	$66.92 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión característica</i>	$79.06 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión admisible</i>	$78.68 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión critica</i>	$91.74 \times 10^{-2} mm$
<i>Desviación estandar</i>	$7.38 \times 10^{-2} mm$
<i>Coefficiente de variación</i>	11.03%

Fuente: Propia

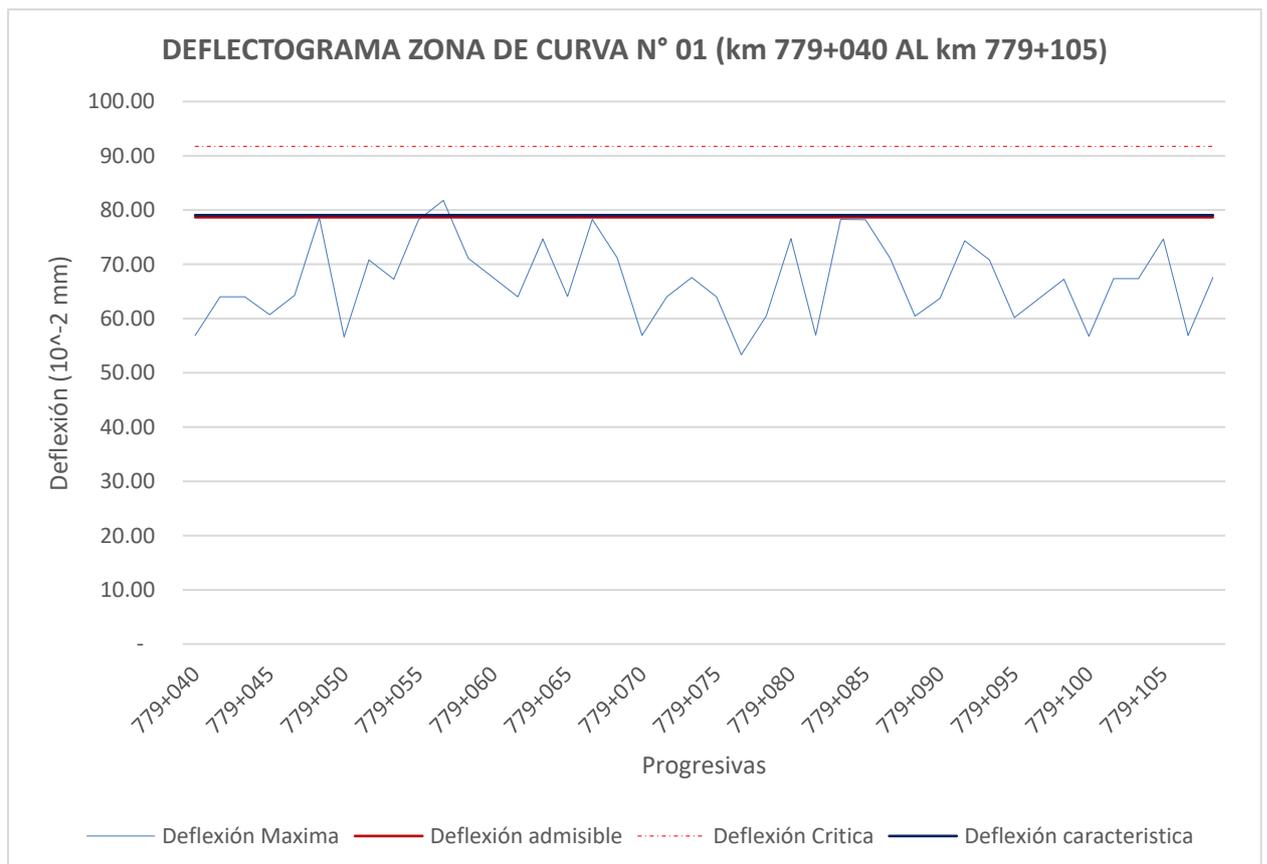


Figura 6 Deflectograma de la zona de curva N°01

Fuente: Propia

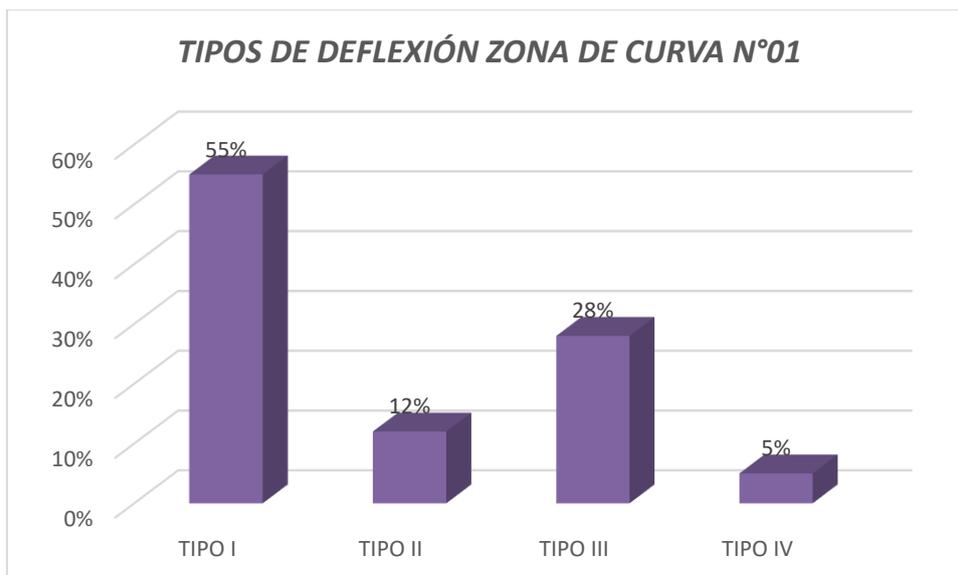


Figura 7 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona N°01
Fuente: Propia

De los calculados realizados en la zona de curva de radio 16.83 m y una longitud de curva de 32.47 m, se tuvo como resultado que un 72 % del pavimento flexible tiene una característica de tipo I, un 8 % tiene una característica de tipo II, un 14 % tiene una característica de tipo III y 6 % tiene una característica de tipo IV, se presenta en la siguiente tabla los parámetros calculados.

Tabla 27
Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°02

Parámetros	valor
<i>Deflexión promedio</i>	$72.31 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión característica</i>	$80.65 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión admisible</i>	$78.68 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión crítica</i>	$91.74 \times 10^{-2} mm$
<i>Desviación estandar</i>	$5.07 \times 10^{-2} mm$
<i>Coefficiente de variación</i>	5.02 %

Fuente: Propia

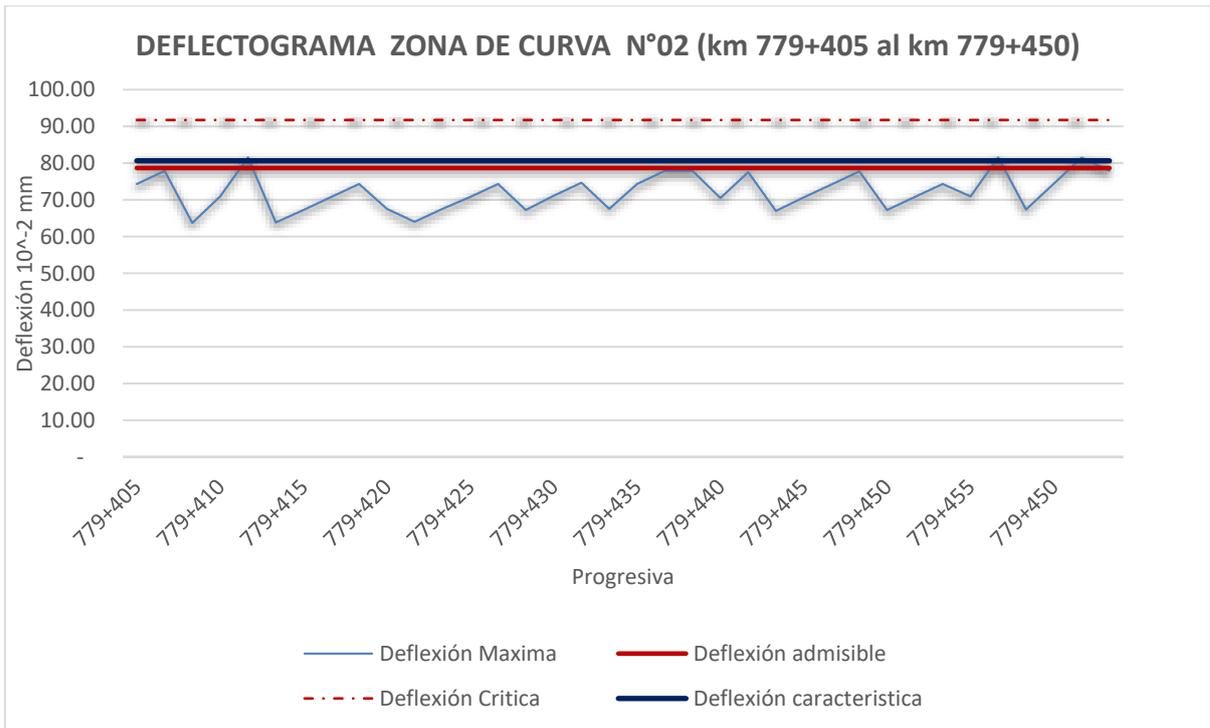


Figura 8 Deflectograma de la zona de curva N°02
Fuente: Propia

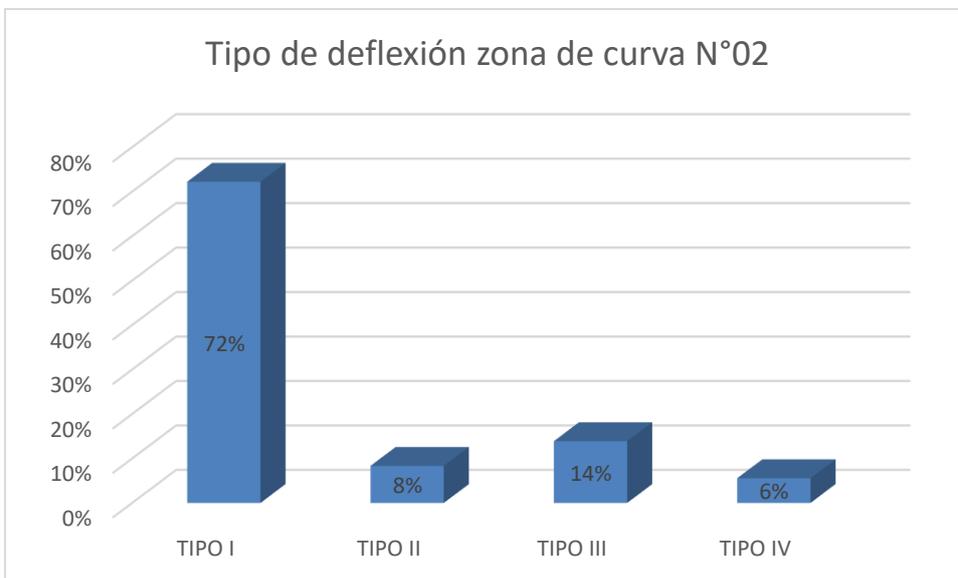


Figura 9 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona
Fuente: Propia

De los calculados realizados en la zona de curva de radio 32 m y una longitud de curva de 61.66 m, se tuvo como resultado que un 46 % del pavimento flexible tiene una característica de tipo I, un 30 % tiene una característica de tipo II, un

21 %tiene una característica de tipo III y 3 % tiene una característica de tipo IV, se presenta en la siguiente tabla los parámetros calculados.

Tabla 28

Resumen de los datos obtenidos de la zona de curva N°03

Parámetros	valor
<i>Deflexión promedio</i>	$69.75 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión característica</i>	$74.04 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión admisible</i>	$78.68 \times 10^{-2} mm$
<i>Deflexión critica</i>	$91.74 \times 10^{-2} mm$
<i>Desviación estandar</i>	$3.21 \times 10^{-2} mm$
<i>Coefficiente de variación</i>	4.60%

Fuente: Propia

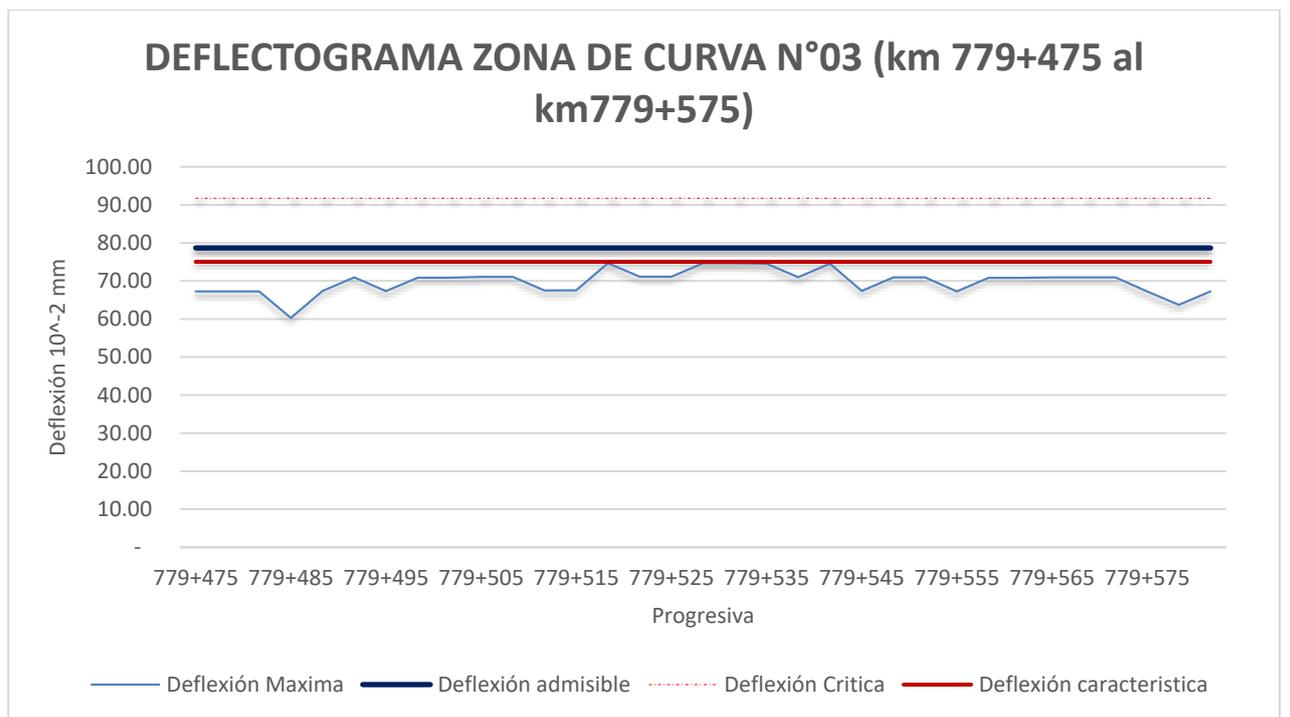


Figura 10 Deflectograma de la zona de curva N°03

Fuente: propia

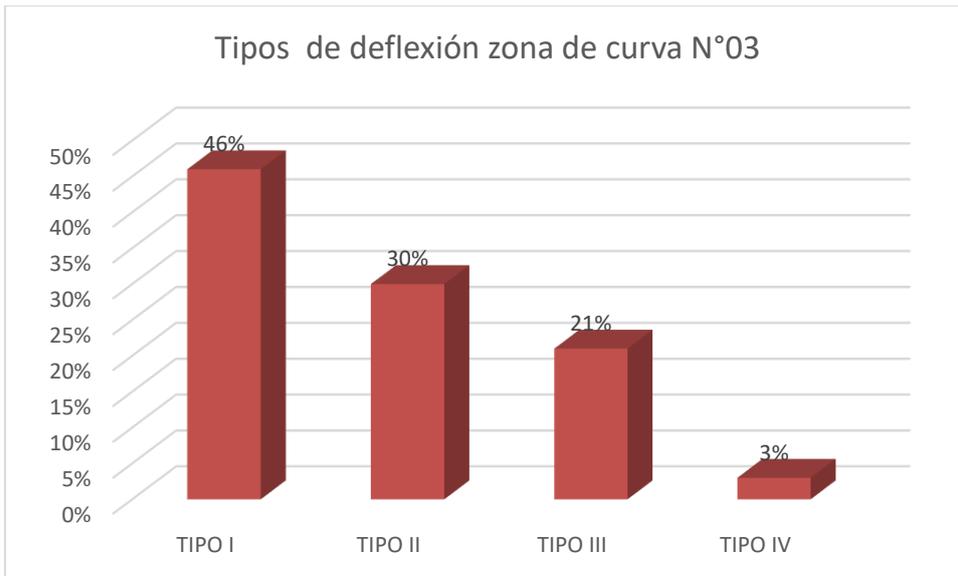


Figura 11 Tipo de deflexión en la zona de curva de zona N°03
Fuente: Propia

4.2 Calculo de la variación de la deformación lineal del pavimento asfaltico en zonas de curva

La deformación lineal esta expresada como el radio de curvatura

Tabla 29
Resumen del cálculo del radio de Curvatura

	Radio de Curvatura(m)			
	Derecha	Eje	Izquierda	Promedio
Zona de curva N°01	113.23	115.66	113.82	114.24
Zona de curva N°02	116.90	125.74	124.86	125.83
Zona de curva N°03	132.94	124.74	135.17	130.95

Fuente: Propia

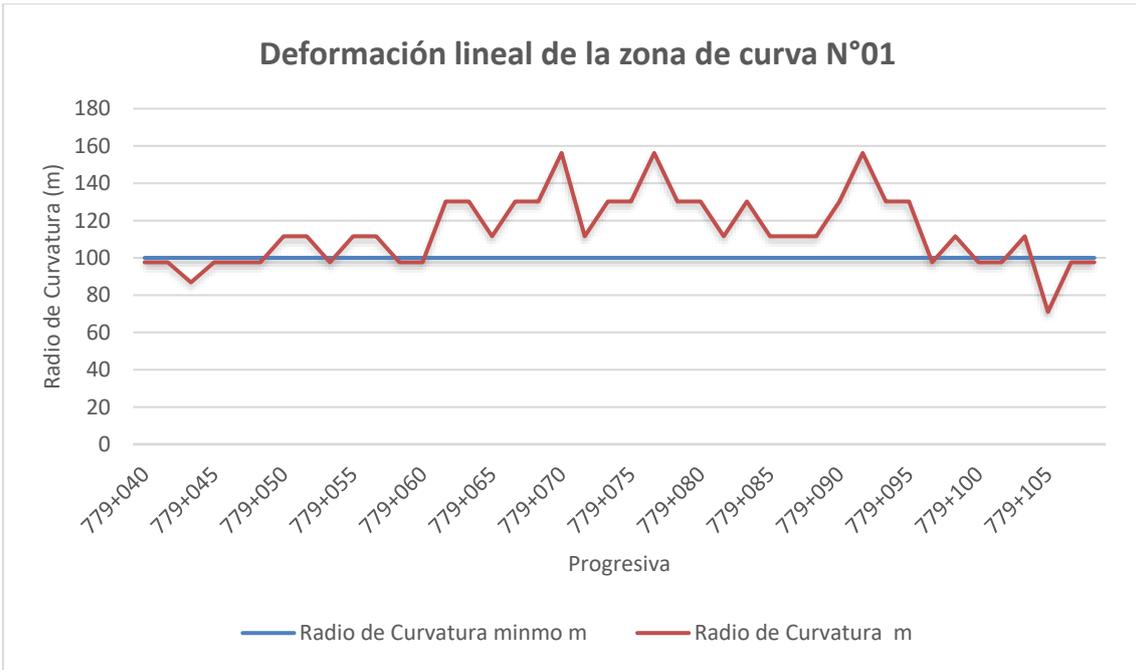


Figura 12 Deformación lineal de zona de curva N°01
Fuente: Propia

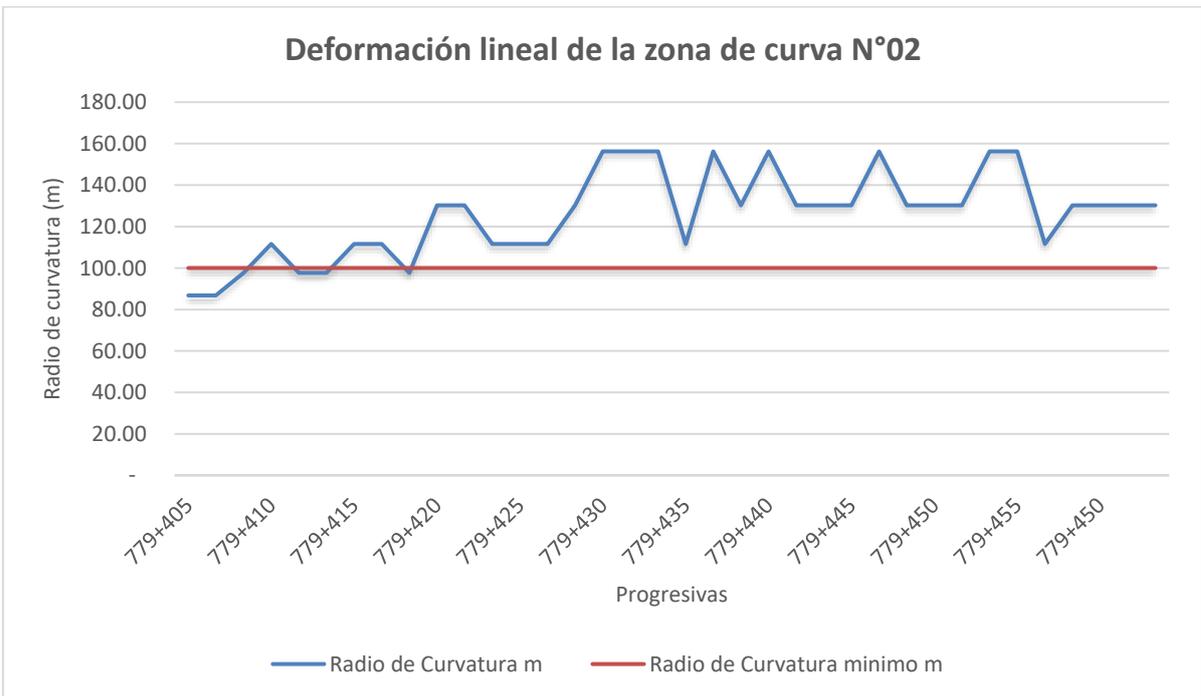


Figura 13 Deformación lineal de zona de curva N°02
Fuente: Propia

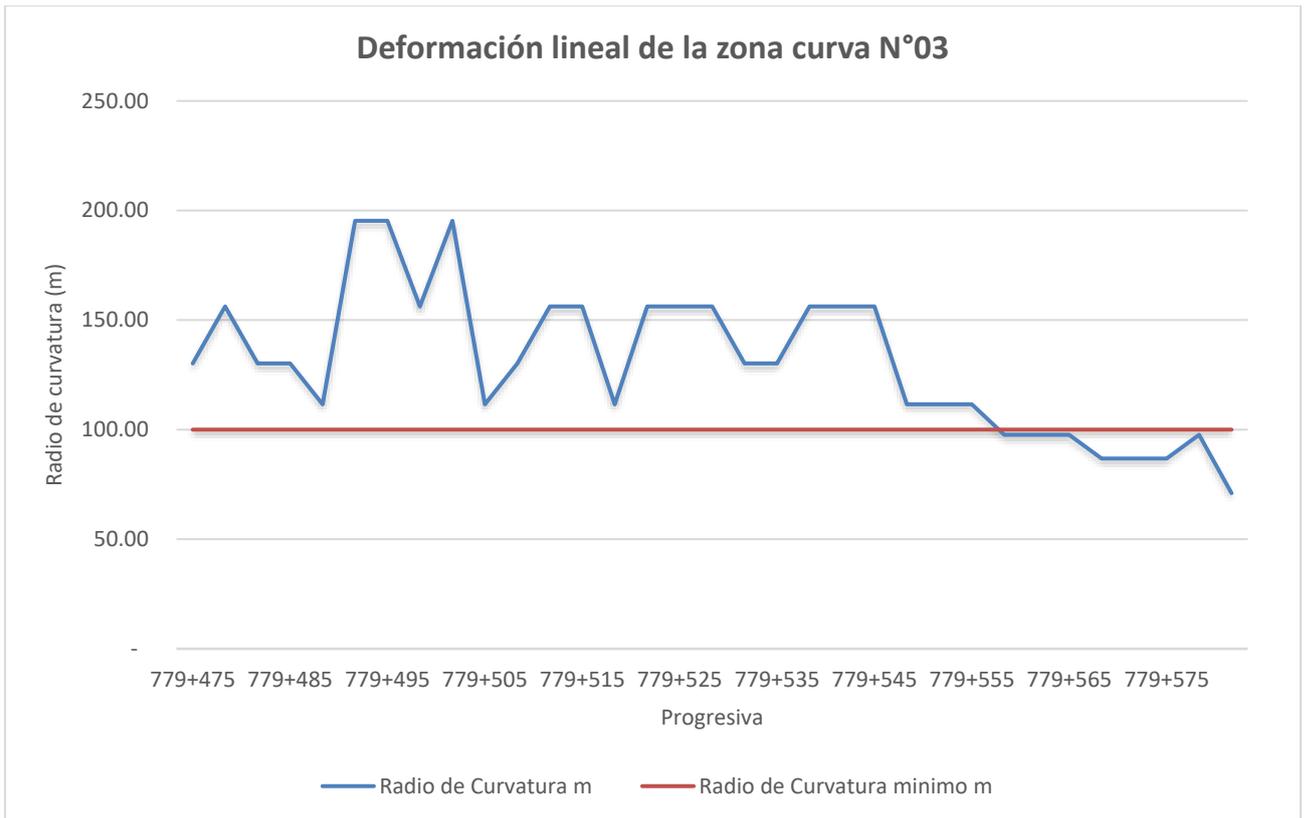


Figura 14 Deformación lineal de zona de curva N°03
Fuente: propia

4.3 Determinación de la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico

Condición de la subrasante

En la figura 15 se puede visualizar que la zona de curva N° 01 en relación a la evaluación deflectométrica, el comportamiento de la subrasante en 98% es bueno y en un 2 % no cumple las condiciones respecto al comportamiento de la subrasante

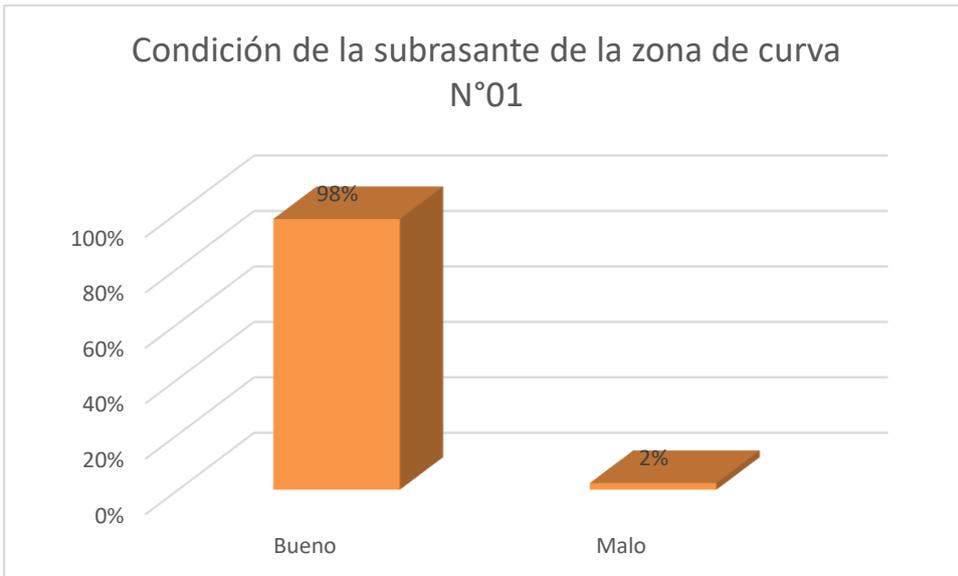


Figura 15 Comportamiento de la Subrasante de la Curva N°01
Fuente: Propia

En la figura 16 se puede visualizar que la zona de curva N° 02 en relación a la evaluación deflectométrica, el comportamiento de la subrasante en 92 % es bueno y en un 8 % no cumple las condiciones respecto al comportamiento de la subrasante

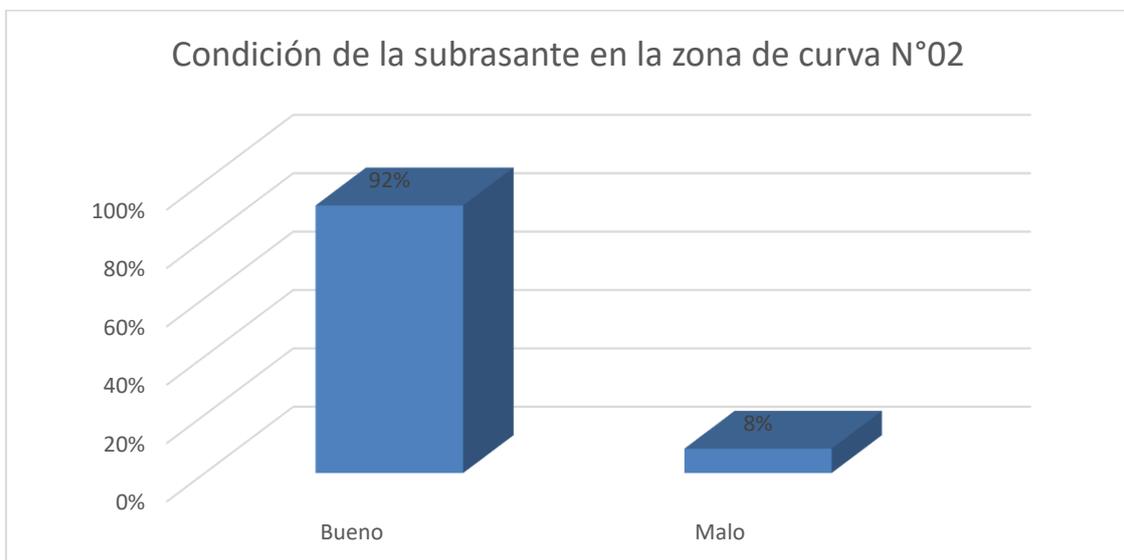


Figura 16 Comportamiento de la Subrasante de la Curva N°02
Fuente: Propia

En la zona de curva N° 03 en relación a la evaluación deflectométrica, el comportamiento de la subrasante es 100% buena.

Condición del Pavimento

En la figura 17 se puede visualizar que la zona de curva N° 01 en relación a la evaluación deflectométrica, la condición de pavimento en 64 % está en buena condición, mientras que en 36 % tiene la condición mala

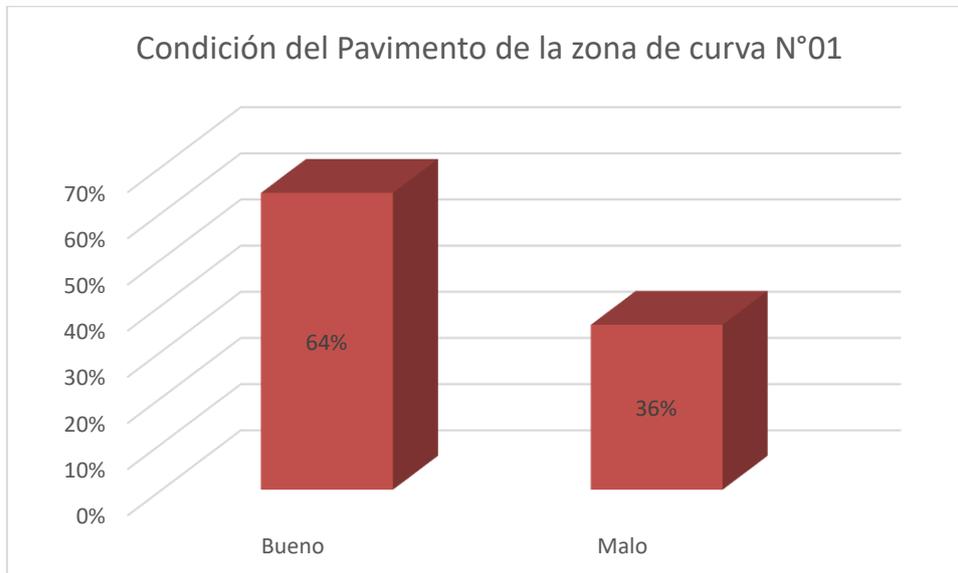


Figura 17 Condición del Pavimento en la zona de curva N°01
Fuente: Propia

En la figura 18 se puede visualizar que la zona de curva N° 02 en relación a la evaluación deflectométrica, la condición de pavimento en 78% está en buena condición, mientras que en 22 % tiene la condición mala

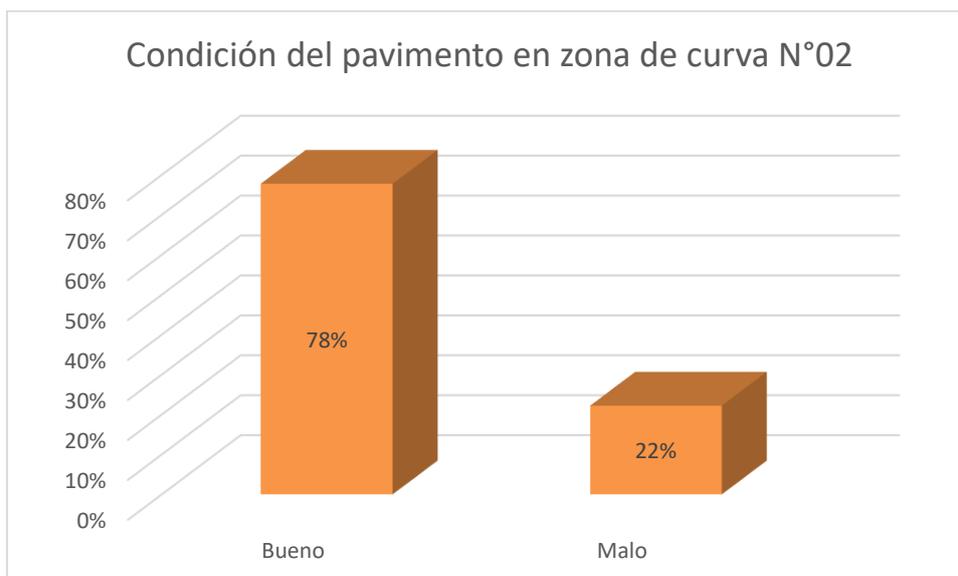


Figura 18 Condición del pavimento en la zona de curva N°02
Fuente: Propia

En la figura 19 se puede visualizar que la zona de curva N° 03 en relación a la evaluación deflectométrica, la condición de pavimento en 76% está en buena condición, mientras que en 24 % tiene la condición mala.

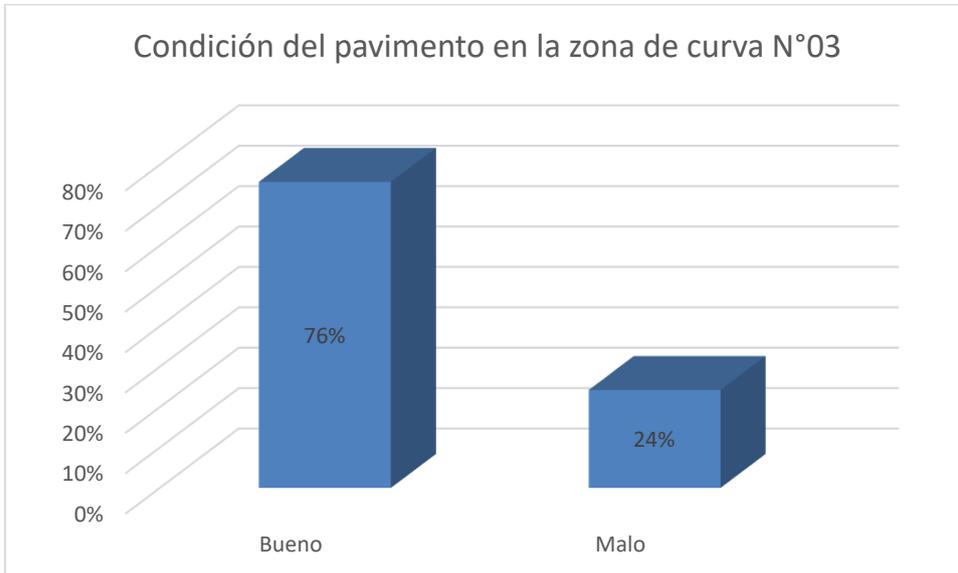


Figura 19 Condición del pavimento en la zona de curva
Fuente: Propia

Condición de la calidad estructural

En la figura 20 se puede visualizar que la zona de curva N° 01 en relación a la evaluación deflectométrica, que la calidad estructural del pavimento en 64% es buena, en 31% es regular y en 5% de mala calidad estructural.

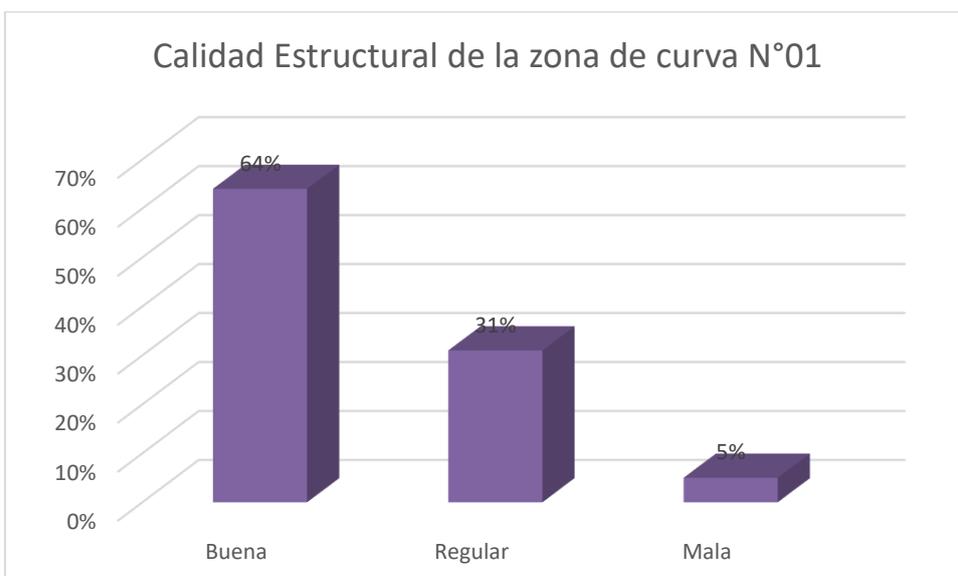


Figura 20 Calidad estructural del pavimento en la curva N°01
Fuente: Propia

En la figura 21 se puede visualizar que la zona de curva N° 02 en relación a la evaluación deflectométrica, que la calidad estructural del pavimento en 79% es buena, en 11 % es regular y en 11% de mala calidad estructural.

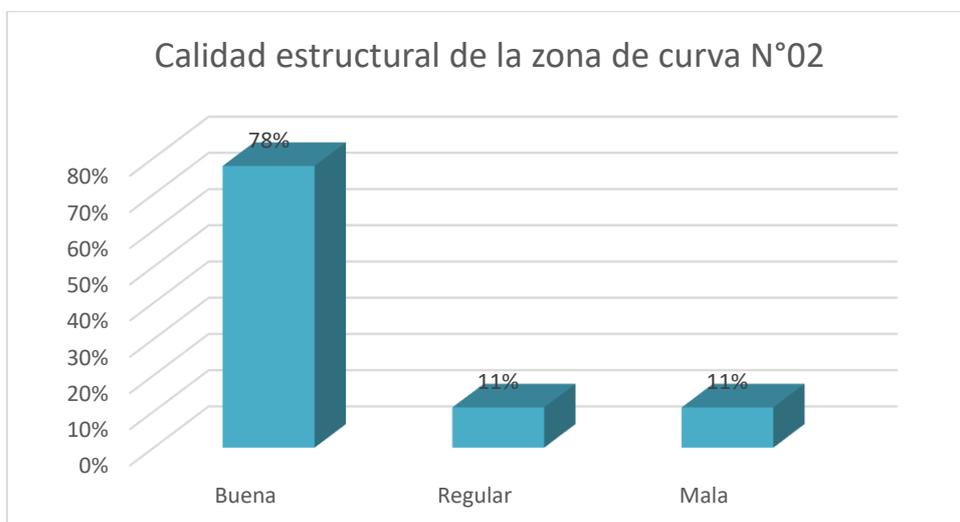


Figura 21 Calidad estructural del pavimento en la curva N°02
Fuente: Propia

En la figura 22 se puede visualizar que la zona de curva N° 03 en relación a la evaluación deflectométrica, que la calidad estructural del pavimento en 76% es buena y en 24% de mala calidad estructural.

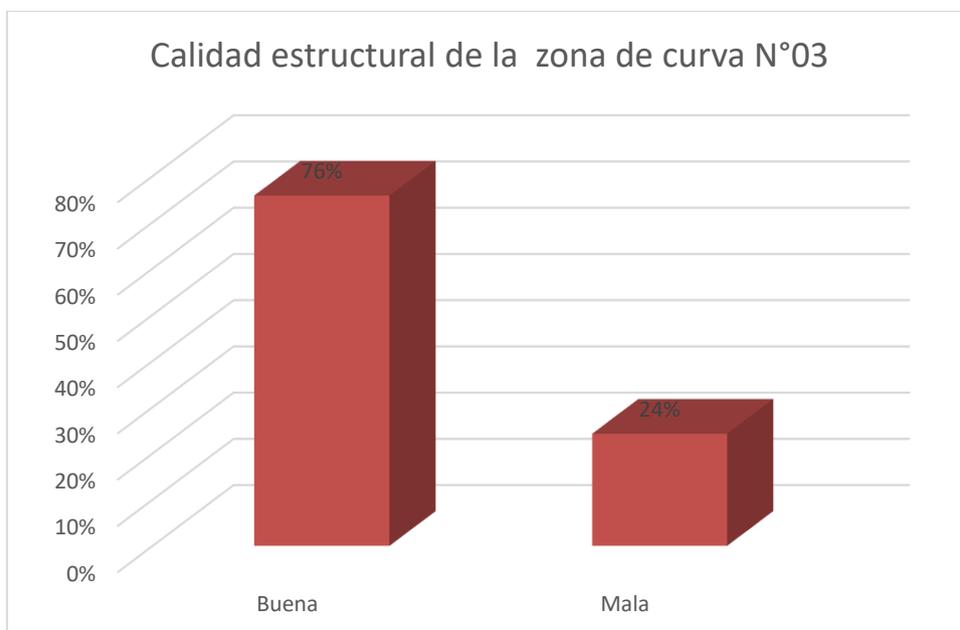


Figura 22 Calidad estructural del pavimento en la curva N°03
Fuente: Propia

V. DISCUSIONES

Discusión 1

Las deflexiones promedio del pavimento flexible varían desde $66.92 \times 10^{-2} \text{ mm}$ hasta un $76.52 \times 10^{-2} \text{ mm}$, las deflexiones características fluctúan entre el rango de $75.03 \times 10^{-2} \text{ mm}$ hasta $80.65 \times 10^{-2} \text{ mm}$, la deflexión admisible tiene un valor de $78.68 \times 10^{-2} \text{ mm}$, la deflexión crítica tiene un valor de $91.74 \times 10^{-2} \text{ mm}$.

En lo referente a lo mencionado Cubas de la torre (2017) citado como antecedente nacional indica que tuvo como resultados una deflexión promedio de $92.23 \times 10^{-2} \text{ mm}$, una deflexión admisible de $77 \times 10^{-2} \text{ mm}$, una deflexión crítica: $83 \times 10^{-2} \text{ mm}$ y una deflexión característica: $125.426 \times 10^{-2} \text{ mm}$, por otro lado Salinas (2019) citado como antecedente internacional indica que la deflexión promedio varía desde $27,13 \times 10^{-2} \text{ mm}$ hasta $42,55 \times 10^{-2} \text{ mm}$, la deflexión característica varía desde $31,63 \times 10^{-2} \text{ mm}$ al $53,74 \times 10^{-2} \text{ mm}$, la deflexión admisible tiene un valor de $173,27 \times 10^{-2} \text{ mm}$, además de una deflexión crítica de $166,50 \times 10^{-2} \text{ mm}$. por lo cual el objetivo se cumplió.

En referencia a los resultados de la Cubas de la torre (2017) la vía que fue evaluado se encontró en condiciones malas ya que la deflexión característica está muy por encima de la deflexión admisible, a diferencia de la evaluación en nuestro caso en la zona curva N°01 la deflexión característica está por encima en un valor de 0.0038 mm respecto admisible, la condición mala se refleja en zona Curva N°02 01 donde deflexión característica es muy superior a la deflexión admisible, en los deflectogramas mostrados se puede verificar que en el inicio de la zona de curva y el final, la deflexiones son mayores respecto a la longitud de curva.

En lo referente a los resultados Salinas (2019) se genera una contradicción sobre las teorías de las deflexiones debido a que la deflexión crítica es inferior a la deflexión admisible

Discusión 2

Los radios de curvatura promedio del pavimento expresan la deformación lineal que varía desde 114.24 hasta 130.95 m.

Sobre lo mencionado Quito (2019) citado como antecedente nacional obtuvo el valor de radio de curvatura de 130.11 m mientras Salinas (2019) citado como antecedente internacional indica que el radio de curvatura promedio varía desde 105,95m hasta 181.38m. por lo cual el objetivo se cumplió.

Ambos antecedentes indican que la deflexión lineal (radio de curvatura) son superiores a 100m situación que en promedio indica que la condición de los pavimentos es de regular a bueno, en nuestro estudio de forma similar los promedios obtenidos de la deformación lineal son superiores a los 100 m, cabe indicar si bien que en algunas progresivas la deformación lineal es inferior a los 100m situación que involucra que en ese punto la condición del pavimento es mala

Discusión 3

La condición de la subrasante tiene en un 96 % la condición de buena y un 4% la condición mala, en relación a la condición del pavimento en un 72% se encuentra en buenas condiciones y en 28% tiene la característica de estar en condiciones malas, la calidad estructural el 72% tiene condición buena, el 15% condición regular, el 13% condición mala.

Sobre lo mencionado Quito (2019) citado como antecedente nacional indica que la subrasante 42% refleja un mal comportamiento, mientras que el 58% de presenta un buen comportamiento de la subrasante, sobre la condición del pavimento el 38% refleja un mal comportamiento, mientras que el 62% de presenta un buen comportamiento estructural del pavimento, la calidad estructural de la zona de estudio refleja un 61% de condición buena, un 8% de condición regular y el 31% es de mala calidad. Por otro lado, Salinas (2019) citado como antecedente internacional indica que la zona de estudio presenta un tipo de deflexión tipo I. por lo cual el objetivo se cumplió.

En relación a la evaluación de Quito (2019) nuestro tramo en estudio tiene mejores condiciones de subrasante, de pavimento y de calidad estructural, por otro lado, Salinas (2019) obtiene una deflexión tipo i es cual se interpreta que tiene un buen comportamiento estructural de subrasante y de pavimento debido

a presentan un radio de curvatura mediana y una ínfima deflexión situación similar a las zonas de curva evaluadas

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones han sido desarrolladas en función a los objetivos establecidos

Conclusión1

Que en una zona curva con radio de 46 m y una longitud de curva de 53.50m a una temperatura promedio de 33°C y un espesor de pavimento de 10cm presento una deflexión promedio de $66.92 \times 10^{-2} mm$, una deflexión característica de $79.06 \times 10^{-2} mm$, en una zona de curva con un radio de 16.83m y una longitud de curva de 32.47 m con el mismo espesor de pavimento y a la misma temperatura presento una deflexión promedio de $72.31 \times 10^{-2} mm$, una deflexión característica de $80.65 \times 10^{-2} mm$, en una zona de curva con un radio de 32m y una longitud de curva de 83.16 con el mismo espesor de pavimento y misma temperatura promedio presento una deflexión promedio de $69.75 \times 10^{-2} mm$, una deflexión característica de $75.03 \times 10^{-2} mm$, entre la zona de curva n°01 y n°02 presento una variación de deflexión característica de 0.0159mm, entre la zona de curva n°01 y n°03 una variación de 0.0403 mm y entre la zona de curva n°02 y n°03 una variación de la deflexión característica de 0.0562 mm.

Conclusión2

Que en una zona curva con radio de 46 m y una longitud de curva de 53.50m a una temperatura promedio de 33°C y un espesor de pavimento de 10cm presento deformación lineal en eje 115.66 m, en el carril derecho 113.23m, en el carril izquierdo 113.82m, en una zona de curva con un radio de 16.83m y una longitud de curva de 43.88 m con el mismo espesor de pavimento y a la misma temperatura presentara un radio de curvatura promedio en el carril derecho 116.90m, en el eje 125.74m, en el carril izquierdo 124.86m, en una zona de curva con un radio de 32m y una longitud de curva de 83.16 con el mismo espesor de pavimento y la misma temperatura presento un radio de curvatura promedio en el eje 127.74m, en el carril derecho 132.94m, en el carril 135.17m, entre la zona de curva n°01 y n°02 presento una variación del radio de curvatura de 18.41m,

entre la zona de curva n°01 y n°03 una variación de 13.29 m y entre la zona de curva n°02 y n°03 una variación del radio de curvatura de 5.12 m.

Conclusión3

En las 03 zonas de curva donde se evaluaron el comportamiento estructural se concluye que el comportamiento estructural de la subrasante tiene predominancia un buen comportamiento expresado en porcentaje tiene 96% de condición de buena, 4% la condición mala del pavimento presenta también un predominio de condición buena en un 62 % y en 38% una mala condición, la calidad estructural que presenta las zonas de curva es una buen en un 72% un 15% condición regular, el 13% condición mala.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones han sido desarrolladas en función a las conclusiones establecidos.

Se recomienda que la deflexión característica debe ser inferior a la deflexión admisible, de nuestra evaluación la zona de curva N°01 y zona de curva N°02 deberán ser sujeta a esta afirmación ya que se obtuvo que la deflexión característica es superior a la deflexión admisible.

Se recomienda que la deformación lineal de pavimento debe ser mayor a los 100 m para que la condición del pavimento tenga la característica de ser buena así, en nuestro estudio se identificó progresivas donde el radio de curvatura es inferior a 100m por ende es necesario de una mejora de pavimento en esos puntos

Se recomienda realizar un refuerzo estructural o una restitución parcial para poder resistir el tráfico previsto en los puntos donde la condición de la subrasante, la condición del pavimento y calidad estructural tiene la característica de ser mala

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.

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.

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

CONREVIAl. 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 Alyny. 2020. *Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-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 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 Tránsito Tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con Respecto al Manual de diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito-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.

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>.

QUITO SANGAY, Isidro. 2019. *Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Jesús, Tramo D.v a Llacanora (plaza pecuaria iscocongá)-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. *Guía 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, Edison 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.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TITULO: Comportamiento estructural de pavimento flexible en zonas de curva Carretera Tamburco-Taraccasa Abancay-Apurímac, 2020.

AUTOR: Br. William Hurtado Casaverde

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿cuánto varía el comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay-Apurímac, 2020.?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cuánto varia la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020?</p> <p>¿Cuál es la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay-Apurímac, 2020.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Estimar la variación de la deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020</p> <p>Calcular la variación de la deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva Abancay - Apurímac, 2020</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL El Comportamiento Estructural del pavimento asfáltico en zonas de curva varia significativamente, Abancay - Apurímac, 2020</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS La deflexión del pavimento asfáltico en zonas de curva varía considerablemente, Abancay - Apurímac, 2020</p> <p>La deformación lineal del pavimento asfáltico en zonas de curva varia mínimamente, Abancay-Apurímac, 2020</p>	<p>V1: Zonas de curva</p> <p>V2: Comportamiento o 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: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m</p> <p>I1: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m</p> <p>I1: R = 16.83m I2: R = 32 m I3: R = 46 m</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: tramo tamburco-Taraccasa (km 778+000al 781+000</p> <p>MUESTRA: 03 zonas de curva</p> <p>MUESTREO: no probabilístico</p> <p>TECNICA: Observación directa</p> <p>INSTRUMENTO: Fichas de recolección de datos</p>

Anexo 02: Análisis de validez

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento Estructural de Pavimento Asfáltico en zonas de curva carretera Tamburco -Taracasa Abancay-Apurímac, 2020.								VALIDEZ DE 0 A 1
AUTOR: Br. William Hurtado Casaverde								
I.- INFORMACION GENERAL:								
UBICACIÓN: Tamburco-Taracasa								
DISTRITO:		Tamburco		ALTITUD:		2649 msnm		
PROVINCIA:		Abancay		LATITUD SUR:		13° 36' 54.09"		
REGION:		Apurímac		LATITUD OESTE:		72° 51' 55.27"		
II.- CARRIL DERECHO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			1.00
III.- EJE								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			1.00
IV.- CARRIL IZQUIERDO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			1.00
V.- DEFLEXIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Tipo I	mm	Tipo II	mm	Tipo III	mm	Tipo IV	mm	1.00
IV.- DEFORMACIÓN LINEAL								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Buena		Regular		Mala				1.00
PROFESION: INGENIERO CIVIL								
REGISTRO CIP No: 230651								
EMAIL: cesar.gutiérrez.ripenza@gmail.com								
TELEFONO: 961 909 014								

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



FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento Estructural de Pavimento Asfáltico en zonas de curva carretera Tamburco -Taracasa Abancay-Apurímac, 2020.								VALIDEZ DE 0 A 1
AUTOR: Br. William Hurtado Casaverde								
I.- INFORMACION GENERAL:								
UBICACIÓN: Tamburco-Taracasa								
DISTRITO:		Tamburco		ALTITUD:		2649 msnm		
PROVINCIA:		Abancay		LATITUD SUR:		13° 36' 54.09"		
REGION:		Apurímac		LATITUD OESTE:		72° 51' 55.27"		
II.- CARRIL DERECHO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			0.95
III.- EJE								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			0.95
IV.- CARRIL IZQUIERDO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			0.95
V.- DEFLEXIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Tipo I	mm	Tipo II	mm	Tipo III	mm	Tipo IV	mm	0.95
IV.- DEFORMACIÓN LINEAL								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	
Buena		Regular		Mala				
PROFESION: INGENIERO CIVIL								
REGISTRO CIP No: 161297								
EMAIL: ncc2030@gmail.com								
TELEFONO: 989 672 599								

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



FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento Estructural de Pavimento Asfáltico en zonas de curva carretera Tamburco -Taraccasa Abancay-Apurimac, 2020.								VALIDEZ DE 0 A 1
AUTOR: Br. William Hurtado Casaverde								
I.- INFORMACION GENERAL:								
UBICACIÓN: Tamburco-Taraccasa								
DISTRITO: Tamburco			ALTITUD: 2649 msnm					
PROVINCIA: Abancay			LATITUD SUR: 13° 36' 54.09"					
REGION: Apurimac			LATITUD OESTE: 72° 51' 55.27"					
II.- CARRIL DERECHO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	1.00
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			
III.- EJE								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	1.00
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			
IV.- CARRIL IZQUIERDO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	1.00
Radio1	m	Radio2	m	Radio3	m			
V.- DEFLEXIÓN								
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	
IV.- DEFORMACIÓN LINEAL								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	1.00
Bueno		Regular		Malo				
PROFESION: INGENIERO CIVIL								
REGISTRO CIP No: 1903001								
EMAIL: coahuila-ent@gmail.com								
TELEFONO: 986 829 921								

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



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 ANÁLOGO
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 (L ₁ +L ₂ +L ₃)/3	Relación de brazo	Incertidumbre U µm	Incertidumbre 2U µm
	L ₁ mm	L ₂ mm	L ₃ mm	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

COMPARADOR DE CARÁTULA MARCA: KANN. MODELO: NO PRESENTA.

Brazo A - (BRAZO CORTO)

SERIE: 09117. RANGO: 0 - 25 mm.

TABLA DE RESULTADOS Brazo B - (BRAZO LARGO)

Valor Nominal V mm	Lectura del Instrumento			Promedio L (L ₁ +L ₂ +L ₃)/3	Relación de brazo	Incertidumbre U µm	Incertidumbre 2U µm
	L ₁ mm	L ₂ mm	L ₃ mm	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

COMPARADOR DE CARÁTULA MARCA: KANN. MODELO: NO PRESENTA.

Brazo B - (BRAZO LARGO)

SERIE: 09131. RANGO: 0 - 25 mm.

G&L LABORATORIO S.A.C.
SUPERVISOR
Gilmer Antonio Guerrero Piquioma
 Responsable del Laboratorio de Metrología



(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas, según el método 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 - 5814

Celular: 982 - 302 - 883 / 982 - 227 - 858

Correo: servicios@gyllaboratorio.com / laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

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

LA EMPRESA, EQUIPOS MAQUINARIA E INGENIERIA PERU EIRL, OTORGA:



Certificado de Calibración

EP 2019 ET 095

USUA/EMPRESA:	JHONATAN FRANCISCO CONDORI DURAND	DNI/RUC:	47561553
DIRECCION:	URB SAN FRANCISCO S/N ABANCAY APURIMAC	FECHA:	05/12/2020 19:29
EQUIPO/MARCA:	ESTACION TOTAL LEICA	MODELO:	TS06 R400
		SERIE:	1338931

EN CUMPLIMIENTO A LAS NORMAS TECNICAS DEL FABRICANTE Y LA NORMA DIN 18723 SEGUN LOS STANDARES INTERNACIONALES

RESULTADOS DE LA VERIFICACION Y CALIBRACION

	INICIAL	FINAL
COMPEN.	X 00' 22"	X 00' 00"
	Y 00' 14"	Y 00' 01"
DESVIACION LASER	0.0mm	0.0mm

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO CALIBRADO

	INICIAL	Desp	FINAL
ANGULO HZ:	180°00' 08"		180°00' 00"
ANGULO V:	270°00' 44"		270°00' 01"
MUÑONES V:	240°00' 12"		240°00' 02"
MUÑONES H:	180°00' 15"		180°00' 02"

PRUEBA FINAL DE MEDICION DISTANCIOMETRO

DIST. PATRON (m)	DIST. FIN(m)	DESVIACION (mm)
200.937	200.936	-0.001

CERTIFICAMOS QUE EL EQUIPO ESTA CALIBRADO (DIN 18723)

EQUIPOS MAQUINARIA E INGENIERIA PERU EIRL, CERTIFICA EN CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DIN 18723, SEGUN EL ESTANDAR INTERNACIONAL ESTABLECIDO

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL INSTRUMENTO SEGUN EL FABRICANTE

Precisión del Distanciómetro:	Precisión Angular:	5"	Rango medición con prisma:	4000m	
Medición con prisma:	1.5mm+2.0ppm x D	Lectura Mínima:	1"/5"/10"	Rango medición sin prisma:	300m
Medición sin prisma:	2.0mm+2.0ppm x D	Reticulo:	Iluminado	Tiempo de medición:	1.0s
Constante Estadimétrica:	100m	Puntero laser:	Si	Rango de temperatura:	-20 a 50 °C
Telescopio Imagen Directa:	30x	Plomada Laser:	Si	Método:	Absoluto
Pantalla:	Blanco y Negro HR	Luz guía:	Si	Memoria Interna:	60,000 med

RESULTADOS DE VERIFICACION Y AJUSTES DEL INSTRUMENTO

PANEL DE CONTROL	BASE NIVELANTE	TELESCOPIO
CONDICION FISICA: OK	CONDICION FISICA/MECANICA: OK	IMAGEN DEL TELESCOPIO: OK
FUNCIONES DEL TECLADO: OK	NIVEL CIRCULAR: OK	RETICULA: OK
MARCAS DEL TECLADO: OK	TORNILLO NIVELANTE: OK	ENFOQUE DEL TELESCOPIO: OK
MECANICA DEL EQUIPO	REVISION Y PRECISION	ESTADO VISIBLE DEL INSTRUMENTO
ASAS: OK	PERPENDICULARIDAD: OK	COLOR: OK
GIRO HORIZONTAL: OK	INCLINACION RETICULA: OK	LIMPIEZA: OK
GIRO VERTICAL: OK	PLOMADA LASER: OK	ESTADO FISICO Y MECAN: OK
TORNILLOS HZ Y V: OK	PUNTERO LASER: OK	MARCAS: OK

PATRON DE MEDIDAS ANGULARES

ANGULO HORIZONTAL HZ:	00°00' 00"	Der:	180°00' 00"
ANGULO VERTICAL V:	90°00' 00"	180°	270°00' 00"
ANGULO DE ELEVACION:	60°00' 00"	180°	300°00' 00"
ANGULO DE DEPRESION:	120°00' 00"	180°	240°00' 00"

MEDICIONES DE PATRON

ANGULO HORIZONTAL (HZ):	00°00' 00"	180°00' 00"
ANGULO VERTICAL (V):	90°00' 00"	270°00' 00"
ROTACION TOTAL:	180°00' 00"	360°00' 00"



Anexo 04: Memoria de Calculo

1.- CALCULO DE DEFLEXIONES Y DEFORMACIONES

CURVA N°01		R = 46m				Lc =53.50 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	779+040	DER	32.5	16	8	64	32	56.89	28.44	97.66
2	779+040	EJE	32.5	18	10	72	40	64.00	35.56	97.66
3	779+040	IZQ	32.5	18	9	72	36	64.00	32.00	86.81
4	779+045	DER	32.0	17	9	68	36	60.71	32.14	97.66
5	779+045	EJE	32.0	18	10	72	40	64.29	35.71	97.66
6	779+045	IZQ	32.0	22	14	88	56	78.57	50.00	97.66
7	779+050	DER	33.0	16	9	64	36	56.64	31.86	111.61
8	779+050	EJE	33.0	20	13	80	52	70.80	46.02	111.61
9	779+050	IZQ	33.0	19	11	76	44	67.26	38.94	97.66
10	779+055	DER	32.5	22	15	88	60	78.22	53.33	111.61
11	779+055	EJE	32.5	23	16	92	64	81.78	56.89	111.61
12	779+055	IZQ	32.5	20	12	80	48	71.11	42.67	97.66
13	779+060	DER	32.5	19	11	76	44	67.56	39.11	97.66
14	779+060	EJE	32.5	18	12	72	48	64.00	42.67	130.21
15	779+060	IZQ	32.5	21	15	84	60	74.67	53.33	130.21
16	779+065	DER	32.4	18	11	72	44	64.06	39.15	111.61
17	779+065	EJE	32.4	22	16	88	64	78.29	56.94	130.21
18	779+065	IZQ	32.4	20	14	80	56	71.17	49.82	130.21
19	779+070	DER	32.5	16	11	64	44	56.89	39.11	156.25
20	779+070	EJE	32.5	18	11	72	44	64.00	39.11	111.61
21	779+070	IZQ	32.5	19	13	76	52	67.56	46.22	130.21
22	779+075	DER	32.5	18	12	72	48	64.00	42.67	130.21
23	779+075	EJE	32.5	15	10	60	40	53.33	35.56	156.25
24	779+075	IZQ	32.5	17	11	68	44	60.44	39.11	130.21
25	779+080	DER	32.4	21	15	84	60	74.73	53.38	130.21
26	779+080	EJE	32.4	16	9	64	36	56.94	32.03	111.61
27	779+080	IZQ	32.4	22	16	88	64	78.29	56.94	130.21
28	779+085	DER	32.5	22	15	88	60	78.22	53.33	111.61

29	779+085	EJE	32.5	20	13	80	52	71.11	46.22	111.61
30	779+085	IZQ	32.5	17	10	68	40	60.44	35.56	111.61
31	779+090	DER	33.0	18	12	72	48	63.72	42.48	130.21
32	779+090	EJE	33.0	21	16	84	64	74.34	56.64	156.25
33	779+090	IZQ	33.0	20	14	80	56	70.80	49.56	130.21
34	779+095	DER	33.0	17	11	68	44	60.18	38.94	130.21
35	779+095	EJE	33.0	18	10	72	40	63.72	35.40	97.66
36	779+095	IZQ	33.0	19	12	76	48	67.26	42.48	111.61
37	779+100	DER	32.8	16	8	64	32	56.74	28.37	97.66
38	779+100	EJE	32.8	19	11	76	44	67.38	39.01	97.66
39	779+100	IZQ	32.8	19	12	76	48	67.38	42.55	111.61
40	779+105	DER	32.5	21	10	84	40	74.67	35.56	71.02
41	779+105	EJE	32.5	16	8	64	32	56.89	28.44	97.66
42	779+105	IZQ	32.5	19	11	76	44	67.56	39.11	97.66

CURVA N°02		R = 16.83 m				Lc = 43.88 m				RADIO DE CURVATURA (m)
N°	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	779+405	DER	33.0	21	12	84	48	74.34	42.48	86.81
2	779+405	EJE	33.0	22	13	88	52	77.88	46.02	86.81
3	779+405	IZQ	33.0	18	10	72	40	63.72	35.40	97.66
4	779+410	DER	32.8	20	13	80	52	70.92	46.10	111.61
5	779+410	EJE	32.8	23	15	92	60	81.56	53.19	97.66
6	779+410	IZQ	32.8	18	10	72	40	63.83	35.46	97.66
7	779+415	DER	33.0	19	12	76	48	67.26	42.48	111.61
8	779+415	EJE	33.0	20	13	80	52	70.80	46.02	111.61
9	779+415	IZQ	33.0	21	13	84	52	74.34	46.02	97.66
10	779+420	DER	32.5	19	13	76	52	67.56	46.22	130.21
11	779+420	EJE	32.5	18	12	72	48	64.00	42.67	130.21
12	779+420	IZQ	32.5	19	12	76	48	67.56	42.67	111.61
13	779+425	DER	33.0	20	13	80	52	70.80	46.02	111.61
14	779+425	EJE	33.0	21	14	84	56	74.34	49.56	111.61
15	779+425	IZQ	33.0	19	13	76	52	67.26	46.02	130.21

16	779+430	DER	32.5	20	15	80	60	71.11	53.33	156.25
17	779+430	EJE	32.5	21	16	84	64	74.67	56.89	156.25
18	779+430	IZQ	32.5	19	14	76	56	67.56	49.78	156.25
19	779+435	DER	33.0	21	14	84	56	74.34	49.56	111.61
20	779+435	EJE	33.0	22	17	88	68	77.88	60.18	156.25
21	779+435	IZQ	33.0	22	16	88	64	77.88	56.64	130.21
22	779+440	DER	33.5	20	15	80	60	70.48	52.86	156.25
23	779+440	EJE	33.5	22	16	88	64	77.53	56.39	130.21
24	779+440	IZQ	33.5	19	13	76	52	66.96	45.81	130.21
25	779+445	DER	33.2	20	14	80	56	70.67	49.47	130.21
26	779+445	EJE	33.2	21	16	84	64	74.20	56.54	156.25
27	779+445	IZQ	33.2	22	16	88	64	77.74	56.54	130.21
28	779+450	DER	33.0	19	13	76	52	67.26	46.02	130.21
29	779+450	EJE	33.0	20	14	80	56	70.80	49.56	130.21
30	779+450	IZQ	33.0	21	16	84	64	74.34	56.64	156.25
31	779+455	DER	32.8	20	15	80	60	70.92	53.19	156.25
32	779+455	EJE	32.8	23	16	92	64	81.56	56.74	111.61
33	779+455	IZQ	32.8	19	13	76	52	67.38	46.10	130.21
34	779+450	DER	32.9	21	15	84	60	74.40	53.14	130.21
35	779+450	EJE	32.9	23	17	92	68	81.49	60.23	130.21
36	779+450	IZQ	32.9	22	16	88	64	77.95	56.69	130.21

CURVA N°03		R = 32.00 m				Lc =83.16 m				RADIO DE CURVATURA (m)
N°	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	779+475	DER	33.0	19	13	76	52	67.26	46.02	130.21
2	779+475	EJE	33.0	19	14	76	56	67.26	49.56	156.25
3	779+475	IZQ	33.0	19	13	76	52	67.26	46.02	130.21
4	779+485	DER	32.8	17	11	68	44	60.28	39.01	130.21
5	779+485	EJE	32.8	19	12	76	48	67.38	42.55	111.61
6	779+485	IZQ	32.8	20	16	80	64	70.92	56.74	195.31
7	779+495	DER	32.9	19	15	76	60	67.32	53.14	195.31
8	779+495	EJE	32.9	20	15	80	60	70.86	53.14	156.25
9	779+495	IZQ	32.9	20	16	80	64	70.86	56.69	195.31
10	779+505	DER	32.6	20	13	80	52	71.05	46.18	111.61
11	779+505	EJE	32.6	20	14	80	56	71.05	49.73	130.21
12	779+505	IZQ	32.6	19	14	76	56	67.50	49.73	156.25
13	779+515	DER	32.5	19	14	76	56	67.56	49.78	156.25
14	779+515	EJE	32.5	21	14	84	56	74.67	49.78	111.61
15	779+515	IZQ	32.5	20	15	80	60	71.11	53.33	156.25
16	779+525	DER	32.5	20	15	80	60	71.11	53.33	156.25
17	779+525	EJE	32.5	21	16	84	64	74.67	56.89	156.25

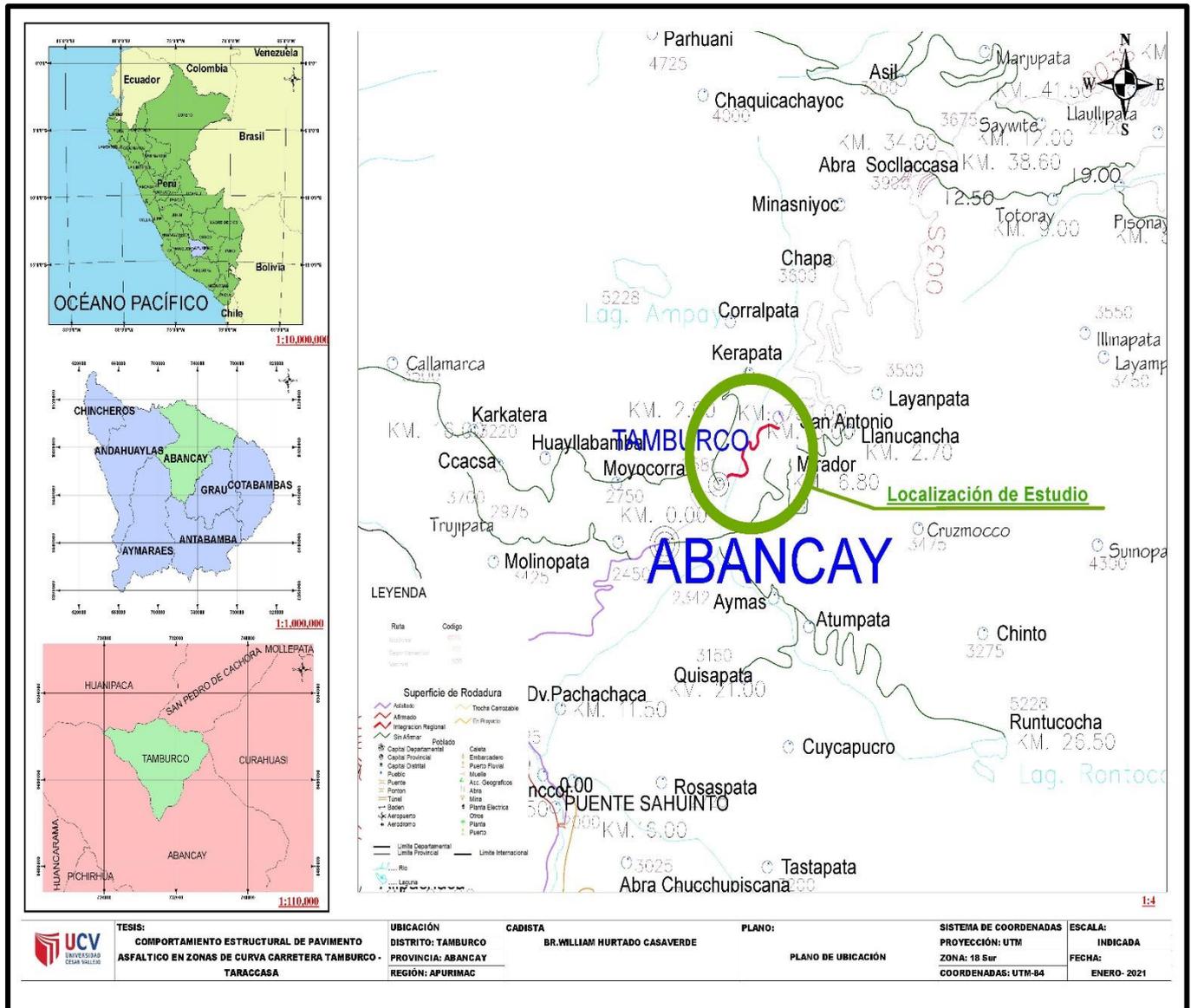
18	779+525	IZQ	32.5	21	15	84	60	74.67	53.33	130.21
19	779+535	DER	32.7	21	15	84	60	74.53	53.24	130.21
20	779+535	EJE	32.7	20	15	80	60	70.98	53.24	156.25
21	779+535	IZQ	32.7	21	16	84	64	74.53	56.79	156.25
22	779+545	DER	32.8	19	14	76	56	67.38	49.65	156.25
23	779+545	EJE	32.8	20	13	80	52	70.92	46.10	111.61
24	779+545	IZQ	32.8	20	13	80	52	70.92	46.10	111.61
25	779+555	DER	33.0	19	12	76	48	67.26	42.48	111.61
26	779+555	EJE	33.0	20	12	80	48	70.80	42.48	97.66
27	779+555	IZQ	33.0	20	12	80	48	70.80	42.48	97.66
28	779+565	DER	32.8	20	12	80	48	70.92	42.55	97.66
29	779+565	EJE	32.8	20	11	80	44	70.92	39.01	86.81
30	779+565	IZQ	32.8	20	11	80	44	70.92	39.01	86.81
31	779+575	DER	33.0	19	10	76	40	67.26	35.40	86.81
32	779+575	EJE	33.0	18	10	72	40	63.72	35.40	97.66
33	779+575	IZQ	33.0	19	8	76	32	67.26	28.32	71.02

2.- Calculo de número de ejes equivalentes

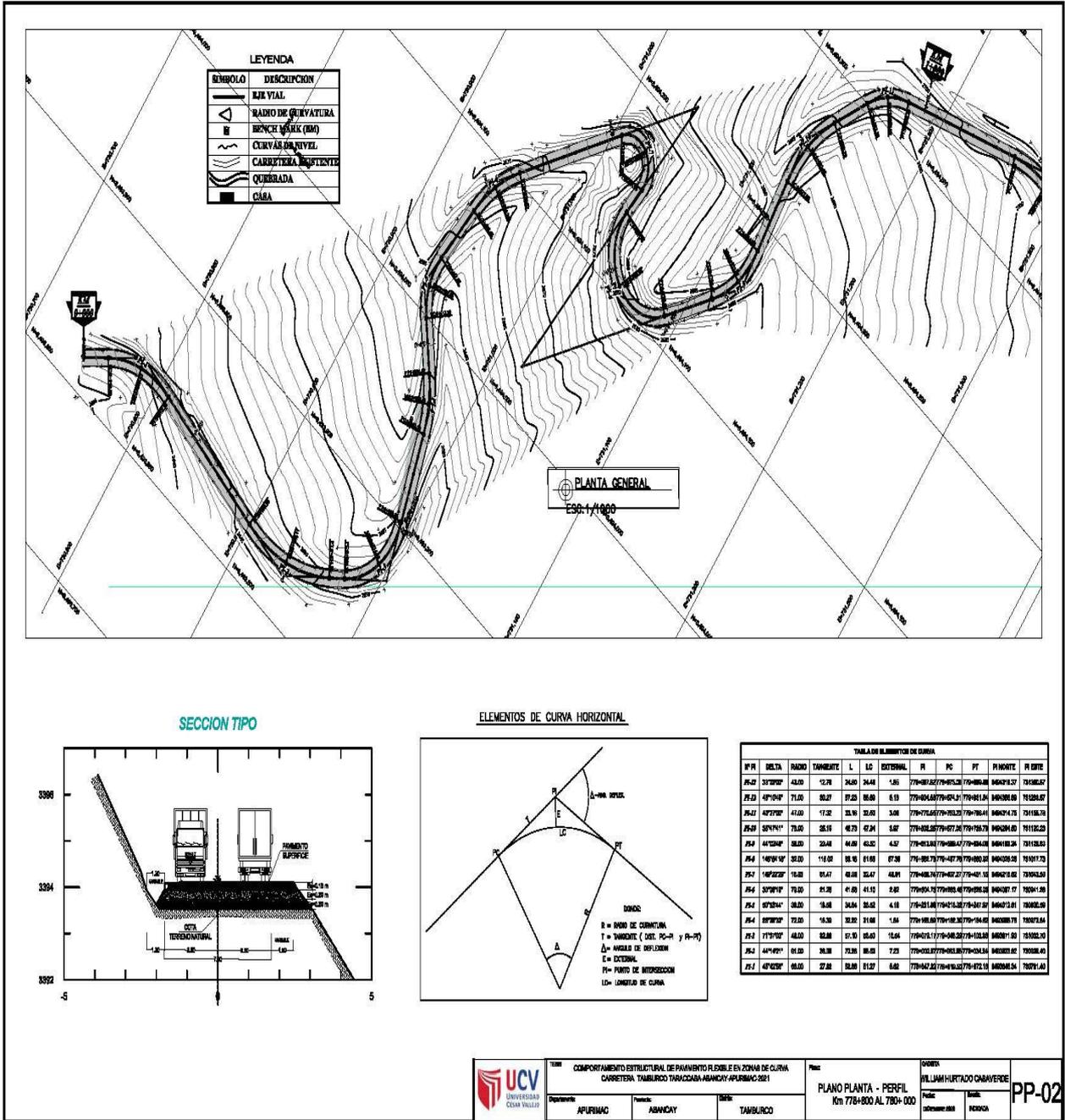
TIPO DE VEHÍCULO	CARGA DE VEHÍCULO POR EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 2.8 TN)	IMDA	IMDA * FC	DIAS DEL AÑO	Fd	f dcarr	G	N18
B2	7	1.265366749	27	34.1649022	365	0.5	1	5.31	33102.9643
	11	3.238286961	27	87.4337479	365	0.5	1	5.31	84716.0697
B3-1	7	1.265366749	56	70.8605379	365	0.5	1	5.31	68658
	16	1.260585019	56	70.592761	365	0.5	1	5.31	68398.5464
C2	7	1.265366749	195	246.746516	365	0.5	1	5.31	239076.964
	11	3.238286961	195	631.465957	365	0.5	1	5.31	611838.281
C3	7	1.265366749	63	79.7181052	365	0.5	1	5.31	77240.2501
	18	2.019213454	63	127.210448	365	0.5	1	5.31	123256.402
C4	7	1.265366749	25	31.6341687	365	0.5	1	5.31	30650.8929
	23	1.508183597	25	37.7045899	365	0.5	1	5.31	36532.6289
T2S1	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
T2S2	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
	18	2.019213454	7	14.1344942	365	0.5	1	5.31	13695.1557
T2S3	7	1.265366749	20	25.307335	365	0.5	1	5.31	24520.7143
	11	3.238286961	20	64.7657392	365	0.5	1	5.31	62752.6442

	25	1.706026248	20	34.120525	365	0.5	1	5.31	33059.9664
T3S1	7	1.265366749	7	8.85756724	365	0.5	1	5.31	8582.25001
	18	2.019213454	7	14.1344942	365	0.5	1	5.31	13695.1557
	11	3.238286961	7	22.6680087	365	0.5	1	5.31	21963.4255
T3S2	7	1.265366749	25	31.6341687	365	0.5	1	5.31	30650.8929
	18	2.019213454	25	50.4803363	365	0.5	1	5.31	48911.2705
	18	2.019213454	25	50.4803363	365	0.5	1	5.31	48911.2705
T3S3	7	1.265366749	199	251.807983	365	0.5	1	5.31	243981.107
	18	2.019213454	199	401.823477	365	0.5	1	5.31	389333.713
	25	1.706026248	199	339.499223	365	0.5	1	5.31	328946.666
C2R2	7	1.265366749	11	13.9190342	365	0.5	1	5.31	13486.3929
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
	11	3.238286961	11	35.6211566	365	0.5	1	5.31	34513.9543
C2R3	7	1.265366749	5	6.32683374	365	0.5	1	5.31	6130.17858
	11	3.238286961	5	16.1914348	365	0.5	1	5.31	15688.1611
	11	3.238286961	5	16.1914348	365	0.5	1	5.31	15688.1611
	18	2.019213454	5	10.0960673	365	0.5	1	5.31	9782.25409
C3R2	7	1.265366749	4	5.06146699	365	0.5	1	5.31	4904.14286
	18	2.019213454	4	8.07685382	365	0.5	1	5.31	7825.80327
	11	3.238286961	4	12.9531478	365	0.5	1	5.31	12550.5288
	11	3.238286961	4	12.9531478	365	0.5	1	5.31	12550.5288
C3R3	7	1.265366749	10	12.6536675	365	0.5	1	5.31	12260.3572
	18	2.019213454	10	20.1921345	365	0.5	1	5.31	19564.5082
	10	2.211793566	10	22.1179357	365	0.5	1	5.31	21430.4502
	18	2.019213454	10	20.1921345	365	0.5	1	5.31	19564.5082
							N18	3000497.85	

Anexo 05: Planos



Plano N°01: plano de ubicación



Plano N°02: plano de planta km 778+000 al km 779+200

Anexo 05: Anexos de datos de campo

1.- Control del trafico

TRAMO DE LA CARRETE		TAMBURCO-TARACCASA																		ESTACION		
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS																		DIA		
UBICACIÓN		E=730 353.00 N=8 433 279																		FECHA		
HORA	AUTO	STATIO N WAGO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		C3R3
5-6	30	15	8	0	2	0	2	4	5	5	2	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	82
6-7	39	16	14	0	10	0	1	2	6	4	0	0	1	2	1	1	9	1	0	0	1	108
7-8	60	25	9	1	10	0	2	2	7	0	0	0	1	0	0	1	7	0	1	0	1	127
8-9	74	34	12	0	10	0	1	0	8	3	2	0	0	1	0	1	10	1	0	0	0	157
9-10	82	53	25	2	11	1	2	0	8	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	195
10-11	85	55	14	0	12	0	1	4	8	4	1	1	0	1	0	0	8	0	0	0	0	194
11-12	90	60	15	1	12	0	1	2	9	5	0	0	0	0	0	3	9	1	0	0	1	209
12-13	64	47	18	0	13	0	0	0	12	2	2	0	1	2	1	1	7	0	1	0	1	172
13-14	62	39	14	1	10	0	1	2	6	4	1	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	149
14-15	71	40	20	2	12	0	1	4	8	0	3	0	0	2	0	2	7	1	0	1	1	175
15-16	70	45	14	0	10	1	1	4	9	3	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	169	
16-17	75	52	18	1	12	0	0	4	12	5	1	1	1	1	0	0	9	1	0	0	0	193
17-18	85	53	21	0	16	0	1	3	15	5	2	0	0	2	1	1	12	1	0	0	0	218
18-19	96	61	25	1	11	0	0	2	10	6	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	216
19-20	85	50	27	2	12	0	2	4	17	3	0	1	0	1	0	1	10	0	0	1	1	217
20-21	48	30	30	0	4	0	2	2	11	2	3	0	1	2	0	0	11	1	1	0	0	148
21-22	23	25	10	1	5	0	1	2	5	2	1	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	85
TOTALES	1139	700	294	12	172	2	19	41	156	53	19	4	5	14	4	19	143	7	3	2	6	2814

TRAMO DE LA CARRETER		TAMBURCO-TARACCASA																		ESTACION		
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS																		DIA		
UBICACIÓN		E=730 353.00 N=8 433 279																		FECHA		
HORA	AUTO	STATIO ON WAGO N	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		C3R3
5-6	56	16	11	0	1	0	2	2	7	2	0	0	0	1	0	1	15	0	0	0	0	114
6-7	45	15	13	1	13	0	0	3	5	1	1	1	2	1	0	3	12	0	0	0	1	117
7-8	49	31	10	0	13	1	2	2	9	3	1	0	0	1	0	2	5	0	1	0	3	133
8-9	72	45	11	1	12	0	2	1	7	3	1	0	0	2	0	1	10	1	0	0	0	169
9-10	75	51	20	0	11	0	3	1	6	0	2	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	177
10-11	95	56	18	1	13	0	2	3	9	5	0	0	0	1	0	0	12	1	0	0	0	216
11-12	92	50	13	0	13	0	2	1	10	7	1	0	1	0	0	1	9	0	0	0	1	201
12-13	75	45	12	1	10	0	1	1	11	3	1	0	0	0	2	1	11	1	1	0	0	176
13-14	74	32	7	0	11	0	2	3	12	3	2	1	0	2	0	1	15	0	0	0	0	165
14-15	69	39	19	1	12	0	2	4	10	0	2	0	1	1	0	2	10	1	0	1	1	175
15-16	68	48	17	1	13	1	1	3	15	5	1	0	0	1	0	0	9	0	1	0	0	184
16-17	73	59	25	1	12	0	0	4	11	2	1	2	1	1	1	1	12	1	0	0	0	207
17-18	84	45	15	2	11	0	1	2	12	0	3	0	0	0	2	0	10	0	1	0	0	188
18-19	75	52	16	0	10	0	2	5	11	4	2	1	0	1	0	1	5	2	0	0	2	189
19-20	82	49	32	1	11	0	0	4	9	3	2	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0	206
20-21	53	42	30	0	4	0	0	2	15	1	3	0	0	2	0	0	12	0	0	0	0	164
21-22	32	35	12	0	3	0	1	3	5	2	2	1	0	0	1	1	10	2	0	0	0	110
TOTALES	1169	710	281	10	173	2	23	44	164	44	25	6	5	14	6	17	175	9	4	2	8	2891

TRAMO DE LA CARRETERA		TAMBUROCO-TARACCASA		ESTACION	KM 778-000
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS		DIA	MIERCOLES
UBICACIÓN		E=730 353.00 N=8 493 279		FECHA	06/01/2021

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
5-6	45	20	10	0	1	2	1	5	6	2	0	0	0	1	0	0	11	0	0	0	0	104	
6-7	42	25	21	1	11	0	2	3	5	4	1	0	1	0	0	1	9	1	0	0	1	128	
7-8	32	45	18	0	12	0	2	3	6	5	3	0	0	1	0	2	5	1	0	0	0	135	
8-9	42	52	8	0	11	0	2	1	7	3	1	0	0	3	0	1	12	1	0	0	1	145	
9-10	62	31	21	0	10	0	3	1	9	7	0	0	0	0	0	2	6	1	2	0	0	155	
10-11	85	45	19	1	14	1	2	3	8	4	1	2	0	1	0	0	7	0	0	0	0	193	
11-12	75	35	6	0	12	0	1	3	7	3	1	0	0	0	0	1	15	0	0	1	0	160	
12-13	92	62	9	0	10	0	2	1	9	2	2	0	0	2	1	0	9	1	0	0	0	202	
13-14	93	27	15	0	9	0	1	3	13	2	1	0	0	0	0	1	6	1	1	0	0	173	
14-15	75	25	19	1	10	0	2	2	9	1	3	1	2	3	1	3	7	0	0	0	1	165	
15-16	78	85	14	0	11	2	0	3	12	4	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	199		
16-17	91	42	20	1	13	0	2	3	11	0	0	1	2	1	1	12	1	0	0	0	201		
17-18	95	45	10	0	12	0	0	3	9	1	2	3	0	0	0	11	3	1	0	0	195		
18-19	68	52	18	0	12	2	2	4	7	5	2	0	1	1	0	1	5	1	0	0	1	182	
19-20	79	25	24	1	11	0	1	2	10	2	1	0	0	2	1	0	10	0	0	0	0	169	
20-21	65	23	20	0	6	0	2	2	12	0	4	2	1	0	3	0	9	1	1	0	0	151	
21-22	45	48	12	0	3	0	1	3	3	5	0	0	0	1	0	2	7	1	0	0	2	133	
TOTALES	1164	667	264	5	168	7	26	45	143	50	23	8	6	17	7	15	150	13	5	1	6	2790	

TRAMO DE LA CARRETERA		TAMBUROCO-TARACCASA		ESTACION	KM 778-000
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS		DIA	JUEVES
UBICACIÓN		E=730 353.00 N=8 493 279		FECHA	07/01/2021

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
5-6	60	10	7	0	2	0	1	2	7	3	1	0	0	0	0	1	7	1	0	0	0	102	
6-7	41	20	10	0	10	0	1	2	8	4	1	0	1	1	1	1	10	1	0	0	0	112	
7-8	35	35	12	1	10	0	0	2	7	1	1	0	0	0	0	1	12	0	1	0	0	118	
8-9	45	52	19	0	11	0	1	0	8	2	2	0	0	1	0	1	10	0	0	0	1	153	
9-10	75	45	20	0	10	0	0	1	7	1	0	0	1	0	0	1	9	0	0	0	0	170	
10-11	84	60	15	1	12	0	1	2	8	4	1	0	0	1	0	1	9	0	0	0	0	199	
11-12	92	54	20	1	10	0	1	2	6	3	1	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	201	
12-13	71	32	9	0	10	0	0	1	10	2	0	0	0	1	1	1	7	0	1	0	0	146	
13-14	65	50	13	0	9	0	1	2	7	3	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	160	
14-15	59	25	19	1	10	0	1	3	8	1	1	0	0	2	0	1	7	1	0	1	1	141	
15-16	82	53	9	0	9	0	1	2	9	2	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	176	
16-17	73	45	12	0	10	0	0	3	12	4	1	1	0	1	1	0	9	0	0	0	0	172	
17-18	91	60	19	0	10	0	1	3	9	6	2	0	0	2	0	1	10	0	0	1	0	215	
18-19	85	53	20	1	9	1	1	2	11	3	1	0	0	0	0	1	7	0	0	0	1	202	
19-20	75	48	26	0	10	0	0	3	12	4	1	0	0	1	0	1	10	0	0	0	0	191	
20-21	65	32	20	1	5	0	2	2	10	1	1	1	0	0	0	9	1	0	0	0	0	150	
21-22	25	20	9	0	3	0	2	3	4	1	0	0	1	1	0	1	7	1	1	0	0	79	
TOTALES	1123	700	259	6	150	1	14	35	143	45	15	2	3	11	3	14	149	5	3	2	4	2687	

TRAMO DE LA CARRETERA		TAMBUROCO- TARACCASA																		ESTACION			
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS																		DIA			
UBICACIÓN		E=730.359.00 N=8.493.279																		FECHA			
																				KM 778+000			
																				VIERNES			
																				09/01/2021			
HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
5-6	53	20	12	1	3	0	3	5	12	6	2	0	1	1	0	2	7	1	0	0	0	0	129
6-7	65	17	15	1	11	1	2	4	6	4	0	0	0	1	0	1	10	1	0	0	0	1	140
7-8	55	22	10	1	10	0	3	3	10	1	0	0	1	1	1	2	7	0	1	0	0	1	129
8-9	84	45	12	0	10	0	2	1	8	3	2	0	0	1	0	1	9	1	0	0	0	1	180
9-10	75	54	10	0	10	1	2	2	9	2	0	0	0	0	0	2	9	1	0	0	1	0	178
10-11	70	75	15	1	11	0	3	4	11	4	1	0	1	1	1	1	10	0	0	0	0	0	209
11-12	84	58	21	1	11	0	2	2	9	5	0	1	0	1	0	2	9	1	0	0	0	1	208
12-13	64	45	19	0	12	0	0	3	10	5	2	0	0	2	0	1	10	0	1	0	1	1	175
13-14	63	48	17	1	14	0	3	4	8	4	1	1	0	1	1	1	12	1	0	0	0	1	181
14-15	79	40	16	0	13	0	2	4	11	2	3	2	1	2	0	2	8	1	0	1	1	1	188
15-16	78	32	15	0	10	1	2	6	10	4	0	0	1	1	1	2	12	0	0	0	0	0	175
16-17	71	65	24	1	11	0	0	5	14	5	1	1	0	1	0	3	11	1	1	0	0	0	215
17-18	90	42	21	0	12	0	2	3	14	5	2	0	1	1	1	1	12	1	0	0	0	0	208
18-19	95	59	30	1	11	0	0	4	11	4	1	1	0	0	0	1	10	0	0	0	1	0	229
19-20	83	49	27	0	3	1	2	5	18	7	0	0	1	2	1	1	12	1	0	0	0	1	214
20-21	50	30	25	0	2	0	2	3	12	5	3	0	1	3	0	2	12	1	1	0	0	1	153
21-22	20	35	20	1	2	0	1	3	6	4	1	0	0	1	1	2	9	1	0	0	0	0	107
TOTALES	1179	736	309	9	156	4	31	61	179	70	19	6	8	20	7	27	169	12	4	3	9	3018	

TRAMO DE LA CARRETERA		TAMBUROCO- TARACCASA																		ESTACION			
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS																		DIA			
UBICACIÓN		E=730.359.00 N=8.493.279																		FECHA			
																				KM 778+000			
																				SABADO			
																				09/01/2021			
HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
5-6	52	17	10	1	2	0	2	4	5	5	2	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	113
6-7	45	18	16	0	10	0	1	2	6	4	0	0	1	2	1	1	9	1	0	0	0	1	118
7-8	79	26	32	1	10	0	2	2	7	0	0	0	1	0	0	1	9	0	1	0	0	1	172
8-9	75	38	25	0	10	0	1	0	8	3	2	0	0	1	0	1	10	1	0	0	0	0	175
9-10	75	56	30	1	11	1	2	0	8	0	0	0	0	0	0	2	9	1	0	0	1	1	198
10-11	95	57	25	0	12	0	1	4	8	4	1	1	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	217
11-12	85	45	14	1	12	0	1	2	9	5	0	0	0	0	0	3	9	1	0	0	0	1	188
12-13	64	60	19	1	13	0	0	0	12	2	2	0	1	2	1	1	15	0	1	0	0	1	195
13-14	70	45	15	0	10	0	1	2	6	4	1	1	0	0	0	0	8	0	0	1	2	1	166
14-15	65	56	19	1	12	0	1	4	8	0	3	0	0	2	0	2	7	1	0	1	1	1	183
15-16	75	45	15	0	10	1	1	4	9	3	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	175
16-17	78	58	19	1	9	0	0	4	12	5	1	1	1	1	0	0	9	1	1	1	1	1	203
17-18	92	57	21	1	10	0	1	3	15	5	2	0	0	2	1	1	12	1	0	0	0	0	224
18-19	84	61	26	0	0	0	0	2	10	6	1	0	0	0	1	1	18	0	1	0	0	0	211
19-20	75	50	28	0	0	0	2	4	17	3	0	1	0	1	0	1	10	1	0	0	1	1	195
20-21	52	35	29	1	0	0	2	2	11	2	3	0	1	2	0	0	11	1	1	0	0	1	154
21-22	35	25	11	1	0	0	1	2	5	2	1	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	93
TOTALES	1196	749	354	10	131	2	19	41	156	53	19	4	5	14	4	19	174	9	5	5	11	2980	

TRAMO DE LA CARRETERA		TAMBURCO- TARACCASA														ESTACION		KM 778+000					
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS														DIA		DOMINGO					
UBICACIÓN		E=730 353.00 N=8493 279														FECHA		10/02/2021					
HORA	AUTO	STATIO N VAGON	CAMIONETAS					BUS		CAMION				SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
5-6	50	14	8	0	2	0	1	5	7	6	2	0	0	2	0	1	10	0	0	0	0	108	
6-7	38	15	14	0	5	0	0	3	6	4	1	0	1	2	1	12	1	0	0	1	105		
7-8	59	25	12	1	5	0	2	3	7	2	1	0	1	0	0	1	12	0	1	0	133		
8-9	72	33	12	0	5	0	1	2	9	1	2	0	0	1	0	1	10	1	0	0	150		
9-10	81	52	20	0	4	0	2	1	12	0	1	1	1	0	0	2	9	1	0	0	187		
10-11	83	51	14	0	3	0	1	3	8	4	1	1	0	1	1	0	10	0	1	0	183		
11-12	86	60	15	1	4	0	1	2	12	5	0	0	0	0	0	3	9	1	0	0	200		
12-13	71	45	17	0	5	1	2	1	11	2	2	0	1	2	1	1	9	0	1	0	173		
13-14	72	39	15	1	3	0	1	3	6	1	1	1	0	0	0	3	15	0	0	0	161		
14-15	71	42	20	0	5	0	1	4	10	0	2	0	0	2	0	2	6	1	0	1	168		
15-16	60	47	15	0	5	1	1	5	11	3	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	160		
16-17	75	52	18	1	5	0	2	4	13	2	1	1	1	1	0	3	11	0	0	1	192		
17-18	60	59	20	1	2	0	2	2	15	5	2	1	0	2	1	1	12	1	0	0	186		
18-19	75	62	27	1	2	0	0	2	16	4	1	0	0	3	1	1	15	0	0	0	210		
19-20	65	50	25	0	0	0	2	4	15	3	0	1	0	1	0	3	10	0	0	1	181		
20-21	45	35	15	0	0	1	2	2	11	1	2	0	0	1	2	0	1	11	1	1	0	131	
21-22	23	25	9	1	0	0	1	1	4	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	69		
TOTALES	1086	706	276	7	55	3	22	47	173	45	20	6	6	19	5	26	173	7	4	3	8	2897	

2.- Datos taquimétricos

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	8493911.26	731000.945	2659.362	BASE
2	8493894.56	730999.371	2654.726	PLATAFORMA
3	8493888.24	730999.556	2654.336	PLATAFORMA
4	8493881.32	730998.943	2653.897	PLATAFORMA
5	8493875.88	730997.825	2653.392	PLATAFORMA
6	8493869.94	730995.822	2653.219	PLATAFORMA
7	8493864.77	730993.246	2652.923	PLATAFORMA
8	8493859.84	730989.995	2652.546	PLATAFORMA
9	8493855.71	730986.778	2652.235	PLATAFORMA
10	8493849.77	730980.674	2651.569	PLATAFORMA
11	8493845.31	730975.145	2650.998	PLATAFORMA
12	8493840.92	730968.554	2650.609	PLATAFORMA
13	8493836.15	730960.757	2650.16	PLATAFORMA
14	8493832.78	730954.391	2649.728	PLATAFORMA
15	8493828.35	730941.604	2648.911	PLATAFORMA
16	8493827.77	730937.974	2648.642	BZ
17	8493826.49	730934.678	2648.44	PLATAFORMA
18	8493824.57	730925.559	2647.934	PLATAFORMA
19	8493823.67	730915.13	2647.352	PLATAFORMA
20	8493823.67	730905.67	2646.82	PLATAFORMA
21	8493825.15	730891.844	2646.037	PLATAFORMA
22	8493829.1	730863.79	2644.355	PLATAFORMA
23	8493831.25	730848.561	2643.442	PLATAFORMA
24	8493833.52	730832.896	2642.596	PLATAFORMA
25	8493836.34	730811.243	2641.14	PLATAFORMA
26	8493837.29	730802.518	2640.492	PLATAFORMA

27	8493837.53	730791.881	2639.665	PLATAFORMA
28	8493835.56	730782.106	2638.883	PLATAFORMA
29	8493832.96	730774.205	2638.335	PLATAFORMA
30	8493828.98	730766.3	2637.769	PLATAFORMA
31	8493822.89	730757.913	2637.151	PLATAFORMA
32	8493813.79	730746.648	2636.314	PLATAFORMA
33	8493797.3	730751.438	2633.886	RELLENO
34	8493820.84	730742.287	2636.473	PLATAFORMA
35	8493821.79	730741.434	2636.459	PLATAFORMA
36	8493828.44	730750.997	2637.228	PLATAFORMA
37	8493830.67	730740.879	2639.067	RELLENO
38	8493829.53	730753.619	2637.446	BZ
39	8493832.06	730755.548	2637.672	PLA
40	8493836.88	730762.03	2638.157	PLATAFORMA
41	8493841.11	730770.006	2638.765	PLATAFORMA
42	8493843.26	730775.575	2639.206	PLATAFORMA
43	8493845.55	730784.18	2639.747	PLATAFORMA
44	8493846.57	730796.041	2640.402	PLATAFORMA
45	8493845.92	730805.171	2640.922	PLATAFORMA
46	8493853.13	730819.721	2646.885	RELLENO
47	8493839.79	730842.255	2643.169	BZ
48	8493837.69	730861.284	2644.121	PLATAFORMA
49	8493834.7	730882.634	2645.336	PLATAFORMA
50	8493832.2	730895.807	2646.036	BZ
51	8493832.83	730900.973	2646.27	PLATAFORMA
52	8493832.63	730913.172	2646.914	PLATAFORMA
53	8493834.63	730930.845	2647.962	PLATAFORMA
54	8493837.95	730941.668	2648.636	PLATAFORMA
55	8493842.79	730954.599	2649.564	PLATAFORMA
56	8493849.41	730965.316	2650.391	PLATAFORMA
57	8493854.7	730972.691	2650.968	PLATAFORMA
58	8493863.21	730981.213	2651.802	PLATAFORMA
59	8493871.01	730985.893	2652.4	PLATAFORMA
60	8493877.77	730988.483	2653.016	PLATAFORMA
61	8493888.3	730990.29	2653.781	PLATAFORMA
62	8493894.27	730990.391	2654.322	PLATAFORMA
63	8493889.05	730986.102	2655.481	RELLENO
64	8493900.27	730989.504	2654.853	RELLENO
65	8493906.15	730988.173	2655.338	RELLENO
66	8493919.15	730984.195	2656.122	RELLENO
67	8493921.71	730992.57	2656.348	RELLENO
68	8493915.92	730994.637	2656.001	RELLENO
69	8493908.62	730996.828	2655.568	RELLENO
70	8493903.03	730998.217	2655.259	RELLENO
71	8493932.43	730989.156	2656.973	PLATAFORMA

72	8493930.12	730980.655	2656.795	PLATAFORMA
73	8493947.54	730975.032	2657.887	PLATAFORMA
74	8493951.93	730982.934	2658.261	PLATAFORMA
75	8493962.05	730978.688	2658.994	PLATAFORMA
76	8493957.9	730970.938	2658.54	PLATAFORMA
77	8493965.82	730966.53	2659.123	PLATAFORMA
78	8493971.38	730973.629	2659.541	PLATAFORMA
79	8493981.37	730965.857	2660.241	PLATAFORMA
80	8493976.73	730958.56	2660.117	PLATAFORMA
81	8493986.24	730950.243	2660.95	PLATAFORMA
82	8493992.19	730956.196	2661.058	PLATAFORMA
83	8494003.69	730945.501	2661.782	PLATAFORMA
84	8494012.2	730940.041	2662.314	PLATAFORMA
85	8494012.73	730938.044	2662.529	PLATAFORMA
86	8494001.13	730936.725	2662.446	PLATAFORMA
87	8494010.3	730930.709	2663.099	PLATAFORMA
88	8494018.63	730927.939	2663.563	PLATAFORMA
89	8494011.28	730923.577	2664.093	RELLENO
90	8494021.78	730937.294	2663.028	PLATAFORMA
91	8494022.09	730938.248	2663.03	CUNETA
92	8494033.94	730937.406	2663.989	PLATAFORMA
93	8494034.76	730928.407	2664.359	PLATAFORMA
94	8494054.67	730930.629	2665.518	PLATAFORMA
95	8494053.52	730939.367	2665.294	PLATAFORMA
96	8494063.59	730941.376	2665.847	PLATAFORMA
97	8494066.34	730932.736	2666.274	PLATAFORMA
98	8494078.05	730936.321	2667.004	PLATAFORMA
99	8494074.99	730944.894	2666.554	PLATAFORMA
100	8494085.4	730949.526	2667.328	PLATAFORMA
101	8494090.18	730941.629	2667.783	PLATAFORMA
102	8494100.74	730948.006	2668.451	PLATAFORMA
103	8494096.1	730955.572	2668.201	PLATAFORMA
104	8494115.32	730969.529	2669.683	PLATAFORMA
105	8494121.3	730963.731	2669.869	PLATAFORMA
106	8494128.29	730962.237	2672.759	RELLENO
107	8494121.46	730952.654	2672.698	RELLENO
108	8494138.07	730976.612	2671.109	PLATAFORMA
109	8494134.39	730984.273	2671.233	PLATAFORMA
110	8494155.64	731001.312	2672.77	PLATAFORMA
111	8494161.94	730994.952	2673.013	PLATAFORMA
112	8494171.39	731002.208	2673.764	PLATAFORMA
113	8494176.69	731007.04	2674.176	PLATAFORMA
114	8494180.02	731012.574	2674.522	PLATAFORMA
115	8494181.89	731019.851	2674.894	PLATAFORMA
116	8494181.4	731026.906	2675.324	PLATAFORMA

117	8494177	731035.06	2675.585	PLATAFORMA
118	8494170.53	731039.338	2675.87	PLATAFORMA
119	8494162.11	731040.578	2676.112	PLATAFORMA
120	8494141.45	731036.681	2676.809	PLATAFORMA
121	8494143.99	731028.05	2677.053	PLATAFORMA
122	8494156.39	731030.437	2676.133	PLATAFORMA
123	8494164.97	731030.213	2675.23	PLATAFORMA
124	8494170.4	731026.576	2674.458	PLATAFORMA
125	8494171.85	731020.811	2674.127	CURVA
126	8494171.46	731025.319	2674.312	CURVA
127	8494170.47	731016.553	2673.753	PLATAFORMA
128	8494169.22	731017.005	2673.713	CUNETA
129	8494166.84	731011.488	2673.412	PLATAFORMA
130	8494140.57	731027.524	2677.263	PLATAFORMA
131	8494130.78	731026.87	2677.877	PLATAFORMA
132	8494123.12	731028.482	2678.282	PLATAFORMA
133	8494116.53	731032.089	2678.664	PLATAFORMA
134	8494110.32	731037.687	2679.068	PLATAFORMA
135	8494104.43	731044.967	2679.537	PLATAFORMA
136	8494101.12	731052.277	2679.99	PLATAFORMA
137	8494098.88	731060.628	2680.504	PLATAFORMA
138	8494099.28	731069.983	2681.083	PLATAFORMA
139	8494099.96	731076.148	2681.434	PLATAFORMA
140	8494102.09	731081.821	2681.814	PLATAFORMA
141	8494102.07	731081.784	2681.823	PLATAFORMA
142	8494107.65	731090.563	2682.214	PLATAFORMA
143	8494116.18	731097.797	2682.965	PLATAFORMA
144	8494122.65	731103.551	2683.632	PLATAFORMA
145	8494132.39	731110.487	2684.482	PLATAFORMA
146	8494142.14	731117.384	2685.309	PLATAFORMA
147	8494152.56	731124.103	2686.324	PLATAFORMA
148	8494162.41	731129.165	2687.188	PLATAFORMA
149	8494171	731131.271	2687.672	PLATAFORMA
150	8494177.13	731131.329	2688.117	PLATAFORMA
151	8494195.15	731129.919	2689.336	PLATAFORMA
152	8494225.18	731127.663	2691.218	PLATAFORMA
153	8494240.2	731126.902	2692.122	PLATAFORMA
154	8494252.26	731128.05	2692.928	PLATAFORMA
155	8494262.91	731131.464	2693.853	PLATAFORMA
156	8494276.05	731137.991	2694.839	PLATAFORMA
157	8494290.01	731145.72	2695.665	PLATAFORMA
158	8494302.83	731153.902	2696.349	PLATAFORMA
159	8494309.01	731160.459	2696.801	PLATAFORMA
160	8494313.5	731168.093	2697.427	PLATAFORMA
161	8494317.6	731178.16	2698.066	PLATAFORMA

162	8494322.28	731190.751	2698.789	PLATAFORMA
163	8494332.27	731220.248	2700.296	PLATAFORMA
164	8494343.16	731253.759	2701.973	PLATAFORMA
165	8494346.49	731265.42	2702.357	PLATAFORMA
166	8494348.64	731277.214	2702.877	PLATAFORMA
167	8494348.54	731286.308	2703.385	PLATAFORMA
168	8494346.42	731294.911	2704.039	PLATAFORMA
169	8494341.75	731306.048	2704.988	PLATAFORMA
170	8494331.17	731327.694	2706.618	PLATAFORMA
171	8494323.29	731343.119	2707.77	PLATAFORMA
172	8494318.52	731354.602	2708.717	PLATAFORMA
173	8494316.74	731362.248	2709.268	PLATAFORMA
174	8494315.67	731369.971	2709.841	PLATAFORMA
175	8494316.67	731382.841	2710.796	PLATAFORMA
176	8494318.28	731391.633	2711.231	PLATAFORMA
177	8494330.06	731397.451	2711.607	PLATAFORMA
178	8494330.96	731397.014	2711.645	CUNETA
179	8494325.46	731399.159	2711.923	EJE
180	8494333.12	731388.999	2715.394	RELLENO
181	8494327.36	731390.425	2710.955	PLATAFORMA
182	8494326.03	731384.562	2710.422	PLATAFORMA
183	8494324.88	731375.167	2709.635	PLATAFORMA
184	8494320.17	731377.422	2710.163	EJE
185	8494308.32	731379.642	2705.991	RELLENO
186	8494325.07	731369.494	2709.147	PLATAFORMA
187	8494327.14	731357.65	2708.312	PLATAFORMA
188	8494330.16	731349.076	2707.691	PLATAFORMA
189	8494336.33	731336.04	2706.805	PLATAFORMA
190	8494343.93	731320.886	2705.844	PLATAFORMA
191	8494351.5	731306.016	2704.971	PLATAFORMA
192	8494355.04	731297.575	2704.555	PLATAFORMA
193	8494357.48	731287.153	2704.053	PLATAFORMA
194	8494357.76	731281.106	2703.822	PLATAFORMA
195	8494357.21	731272.333	2703.355	PLATAFORMA
196	8494355.89	731265.481	2703	PLATAFORMA
197	8494353.57	731258.042	2702.599	PLATAFORMA
198	8494347.83	731240.641	2701.511	PLATAFORMA
199	8494344.49	731230.689	2700.955	PLATAFORMA
200	8494353.39	731232.114	2705.703	RELLENO
201	8494339.69	731216.27	2700.227	PLATAFORMA
202	8494332.01	731193.367	2699.09	PLATAFORMA
203	8494326.83	731178.177	2698.45	PLATAFORMA
204	8494321.71	731164.932	2697.891	PLATAFORMA
205	8494316.04	731153.925	2697.451	PLATAFORMA
206	8494335.32	731155.059	2700.218	PLATAFORMA

207	8494311.53	731148.801	2697.131	PLATAFORMA
208	8494302.66	731142.624	2696.56	PLATAFORMA
209	8494283.01	731131.781	2695.346	PLATAFORMA
210	8494269.71	731124.644	2694.456	PLATAFORMA
211	8494258.45	731120.235	2693.769	PLATAFORMA
212	8494246.77	731117.986	2693.036	PLATAFORMA
213	8494234.71	731118.289	2692.142	PLATAFORMA
214	8494213.59	731119.842	2690.638	PLATAFORMA
215	8494192.46	731121.266	2688.907	PLATAFORMA
216	8494180.93	731121.983	2687.961	PLATAFORMA
217	8494176.33	731112.911	2689.739	RELLENO
218	8494173.42	731121.902	2687.28	PLATAFORMA
219	8494162.81	731119.223	2686.282	PLATAFORMA
220	8494152.82	731113.463	2685.447	PLATAFORMA
221	8494143.12	731106.625	2684.559	PLATAFORMA
222	8494129.03	731096.5	2683.282	PLATAFORMA
223	8494118.91	731088.905	2682.253	PLATAFORMA
224	8494115.54	731085.391	2681.766	PLATAFORMA
225	8494112.93	731081.423	2681.307	PLATAFORMA
226	8494110.27	731074.664	2680.55	PLATAFORMA
227	8494108.98	731067.557	2679.928	PLATAFORMA
228	8494109.95	731058.014	2679.165	PLATAFORMA
229	8494111.61	731053.026	2678.769	PLATAFORMA
230	8494114.92	731047.215	2678.307	PLATAFORMA
231	8494117.95	731043.434	2677.967	PLATAFORMA
232	8494126.39	731037.668	2677.537	PLATAFORMA
233	8494117.62	731022.339	2677.447	RELLENO
234	8494161.48	731022.501	2671.2	RELLENO
235	8494182.48	731026.176	2674.814	PUENTE
236	8494182.95	731022.116	2674.793	PUENTE
237	8494182.26	731024.378	2675.254	BM ESTACA
238	8494173.72	730996.708	2676.617	RELLENO
239	8494129.53	730993.31	2669.137	RELLENO
240	8493920.15	731002.258	2652.04	RELLENO

Anexo 07: Panel fotográfico



Figura N°01: Levantamiento topográfico de la zona de curva N°01



Figura N°02: Grupo de trabajo para el levantamiento topográfico



Figura N°03: Medición con viga Benkelman en eje de la zona de curva N°01.



Figura N°04: lectura de diales de la deformación vertical en el carril derecho en zona de curva N°01



Figura N°05: lectura de diales de la viga Benkelman carril derecho zona de curva N°02



Figura N°06: vista panorámica de la zona de curva N°02



Figura N°07: Toma de lecturas de la viga Benkelman en el eje de la zona de curva n°02



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



Figura N°09: Medición del espesor del pavimento.



Figura N°10: Ubicación de los puntos a ser evaluados con la viga Benkelman.



Figura N°11: Toma de la temperatura del pavimento con un termómetro digital



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