



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y**  
**DESARROLLO INMOBILIARIO**

**TESIS**

**LA DEFLEXIÓN Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CAPA DE**  
**RODADURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LAS**  
**CALLES LOS PROCERES Y J. C. TELLO EN LA**  
**LOCALIDAD HUAURA, DISTRITO HUAURA, PROVINCIA**  
**DE HUAURA, DEPARTAMENTO LIMA - AÑO 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**Bach. BALLON CHOQUE, ARISTIDES**

**DNI 43078663**

**Bach. SEDANO LOLI, JESUS MIGUEL**

**DNI 75819406**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

**ASESOR DE TESIS**

---

**Mg. RAÚL GUALBERTO QUISPE TAYA**  
**DNI 08086028 <https://orcid.org/0000-0002-8091-2880>**

## **JURADO EXAMINADOR**

---

**Dr. JUAN ANTENOR CACEDA CORILLOCLA**  
**DNI 41568334 <https://orcid.org/0000-0002-3090-7100>**  
**Presidente**

---

**Mg. DANIEL VICTOR SURCO SALINAS**  
**DNI 09722150 <https://orcid.org/0000-0002-8782-8470>**  
**Secretario**

---

**Mg. JAUREGUI DEL AGUILA JAIME GABINO**  
**DNI 07386782 <https://orcid.org/0000-0001-7740-6752>**  
**Vocal**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a nuestros padres y familiares, por su entereza y apoyo constante a lo largo de nuestra vida universitaria y camino profesional.

**Los autores.**

## **AGRADECIMIENTO**

A las autoridades y profesores de la Universidad Privada Telesup, por habernos facilitado la culminación de nuestra carrera; a los señores catedráticos, por sus lecciones y nuestros compañeros por su apoyo constante.

**Los autores.**

## RESUMEN

La presente investigación titulada La deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los próceres y J. C. TELLO en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima - año 2021 donde se establecieron el comportamiento de las variables en la estadística; siendo el tipo de investigación descriptiva evaluando las tendencias de las medidas media, median de la distribución normal en los valores de los sistemas de deflexión del pavimento; se evaluaron las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, procesos y personas de esta manera, recolectando datos e identificando la relación que existen entre las variables; a través del diseño experimental, manipulando simultáneamente las variables independientes, llamados factores en el mismo experimento de las variables dependientes; donde se llegaron a las conclusiones siguientes:

Se demostró que la deflexión influye la deflexión sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, porque, en la prueba de  $t = 12.3165$ , valor- $P = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Se estableció que la temperatura influye la temperatura sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021; porque, en la prueba de  $t = 41.7133$ , valor- $P = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Se demostró que la sección estructural influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021; porque, en la prueba de  $t = 66.8651$ , valor- $P = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

El comportamiento estructural del pavimento flexible de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, mediante las deflexiones característica ( $67 \times 10^{-2}$  mm) es menor que la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm) y crítica ( $85 \times 10^{-2}$  mm).

En el pavimento flexible las deflexiones del pavimento de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, se encontró los valores - Deflexión admisible:  $71 \times 10^{-2}$  mm - Deflexión crítica:  $85 \times 10^{-2}$  mm - Deflexión característica:  $67 \times 10^{-2}$  mm.

**Palabras clave:** deflexiones, pavimento flexible.

## ABSTRACT

The present investigation entitled Deflection and its influence on the flexible pavement tread, in the streets of Los Heroes and JC TELLO in the Huaura locality, Huaura district, Huaura province, Lima department - year 2021 where the behavior of the variables in statistics; being the type of descriptive investigation evaluating the tendencies of the average measurements, mediate of the normal distribution in the values of the pavement deflection systems; The prevailing situations and attitudes were evaluated through the description of the activities, processes and people in this way, collecting data and identifying the relationship between the variables; by means of the experimental design, simultaneously manipulating the independent variables, called factors in the same experiment of the dependent variables; where the following conclusions were reached

It was shown that deflection influences the deflection on the flexible pavement tread layer, in Los Próceres and JC Tello streets in Huaura locality, Huaura district, Huaura province - Lima, 2021, because, in the test of  $t = 12.3165$ ,  $P\text{-value} = 0$ , where the null hypothesis is rejected for  $\alpha = 0.05$ .

It was established that the temperature influences the temperature on the rolling layer of the flexible pavement, in Los Próceres and J. C. Tello streets in Huaura locality, Huaura district, Huaura province - Lima, 2021; because, in the test of  $t = 41.7133$ ,  $P\text{-value} = 0$ , where the null hypothesis is rejected for  $\alpha = 0.05$ .

It was shown that the structural section influences the rolling layer of the flexible pavement, in Los Próceres and J. C. Tello streets in Huaura locality, Huaura district, Huaura province - Lima, 2021; because, in the test of  $t = 66.8651$ ,  $P\text{-value} = 0$ , where the null hypothesis is rejected for  $\alpha = 0.05$ .

The structural behavior of the flexible pavement of Los Próceres and JC Tello streets in the Huaura locality, Huaura district, Huaura province - Lima, 2021, through the characteristic deflections ( $67 \times 10^{-2}$  mm) is less than the admissible deflection ( $71 \times 10^{-2}$  mm) and critical ( $85 \times 10^{-2}$  mm).

In the flexible pavement, the deflections of the pavement of Los Próceres and J. C. Tello streets in Huaura locality, Huaura district, Huaura province - Lima, 2021,

The values were found - Allowable deflection:  $71 \times 10^{-2}$  mm - Critical deflection:  $85 \times 10^{-2}$  mm - Characteristic deflection:  $67 \times 10^{-2}$  mm

**Keywords:** Deflections, Flexible Pavement.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>ASESOR DE TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>JURADO EXAMINADOR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>17</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación del problema .....	19
1.2.1. Problema general. ....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Justificación del estudio.....	19
1.3.1. Justificación teórica. ....	21
1.3.2. Justificación práctica.....	21
1.3.3. Justificación metodológica.....	21
1.4. Objetivos de la investigación .....	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos.....	22
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	23
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	28
2.2. Bases teóricas de las variables .....	32
2.2.1. Capa de rodadura del pavimento flexible.....	32
2.2.2. La deflexión (tráfico – sección estructural – temperatura). ....	38
2.3. Definición de términos básicos .....	43

<b>III. MÉTODOS Y MATERIALES .....</b>	<b>46</b>
3.1. Hipótesis de la investigación .....	46
3.1.1. Hipótesis general. ....	46
3.1.2. Hipótesis específicas. ....	46
3.2. Variables de estudio .....	46
3.2.1. Definición conceptual.....	47
3.2.2. Definición operacional. ....	62
3.3. Tipo y nivel de investigación.....	62
3.3.1. Tipo de investigación. ....	62
3.3.2. Nivel de la investigación. ....	63
3.4. Diseño de la investigación .....	63
3.5. Población y muestra de estudio.....	64
3.5.1. Población. ....	64
3.5.2. Muestra. ....	64
3.5.3. Unidades de muestreo. ....	65
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	65
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	65
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	66
3.7. Métodos de análisis de datos .....	66
3.8. Aspectos éticos .....	67
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
4.1. Resultados de los valores de la estadística descriptiva.....	68
4.1.1. Reporte de área en estudio. ....	68
4.2. Resultados de los valores para la estadística inferencial .....	80
4.2.1. Resultado de la deflexión.....	80
4.2.2. Resultado de la Contrastación de la Hipótesis general .....	94
4.2.3. Resultado de la Contrastación de las hipótesis específicas. ....	97
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>104</b>
5.1. Discusión de los resultados de los valores para la estadística descriptiva.....	104
5.2. Discusión de los resultados de los valores para la estadística inferencial .....	104
5.2.1. Discusión de los Resultado de la deflexión. ....	104

<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>
Anexo 1. Matriz de consistencia .....	113
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables .....	114
Anexo 3. Instrumentos .....	115
Anexo 4. Validación de los instrumentos .....	116
Anexo 5. Matriz de datos .....	118
Anexo 6. Propuesta de valor.....	121
Anexo 7. Reporte antiplagio menor a 30% .....	122
Anexo 8: Autorización del depósito de tesis al repositorio .....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito .....	33
Tabla 2.	Especificaciones técnicas constructivas .....	39
Tabla 3.	Especificaciones en tipos de vías .....	40
Tabla 4.	Tipos de agregados .....	41
Tabla 5.	Pavimentos especiales .....	42
Tabla 6.	Temperatura y medio ambiente .....	43
Tabla 7.	Valores para corrección por condiciones ambientales .....	48
Tabla 8.	Representación de la metodología de retro cálculo .....	49
Tabla 9.	Coeficientes para el cálculo de R5 .....	51
Tabla 10.	Coeficientes para el cálculo de Lo .....	52
Tabla 11.	Valor de "t" y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$ .....	57
Tabla 12.	Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y .....	60
Tabla 13.	Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones ..	60
Tabla 14.	Recomendaciones a tener en cuenta para el diseño de refuerzo .....	61
Tabla 15.	Resultado de la deflexión con la relación de brazos 1:4 .....	81
Tabla 16.	Resumen de cálculo de Deflexiones y Radio de curvatura de cada prueba en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad de Huara, 100 puntos de ensayo en la vía, separados 100m entre ellos .....	81
Tabla 17.	Evaluación de la Deflexión máxima y el Radio de curvatura .....	87
Tabla 18.	Resumen de resultados de deflexiones máximas .....	91
Tabla 19.	Resumen de resultados de radios de curvaturas .....	92
Tabla 20.	Comparación de los parámetros de evaluación del pavimento flexible de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura .....	93
Tabla 21.	Comparación de dos variables Deflexiones & Valor de rodamiento flexible .....	94
Tabla 22.	Resumen Estadístico de la Comparación de Dos variables Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible .....	98
Tabla 23.	Comparación de Dos variables – Rodadura (Coeficiente de Poisson) & Sección estructural /cm .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo relaciones peso volumétrico seco – contenido de agua - vrs, para un suelo arcilloso.....	35
Figura 2. Cálculo del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ ).....	36
Figura 3. Gráfica para diseño estructural de carretas con pavimento flexible ....	37
Figura 4. Esquema del Modelo de Hogg .....	50
Figura 5. Radio de curvatura .....	54
Figura 6. Distribución de esfuerzos en un pavimento flexible.....	55
Figura 7. Ubicación de la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C Tello en Huara.....	69
Figura 8. Lluvia mensual promedio en Huaura .....	73
Figura 9. Vías de acceso a Huara .....	76
Figura 10. Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de subrasante malo, regular y bueno, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad de Huaura .....	91
Figura 11. Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de pavimento malo y bueno, de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura.....	92
Figura 12. Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de pavimento y subrasante en conjunto malo, regular y bueno, de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura .....	93
Figura 13. Distribución normal de los datos para la Contrastación de la hipótesis general .....	95
Figura 14. Gráfica la caja y bigotes en la Comparación de las variables - Deflexiones & Valor de rodamiento flexible .....	97
Figura 15. Gráfica de caja y bigotes en la Comparación de las variables - Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible.....	100
Figura 16. Gráfica la caja y bigotes en la Comparación de las variables – Rodadura (Coeficiente de Poison) & Sección estructural/cm. ....	103

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de La deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021; consideraciones la tesis plantea los objetivos siguientes:

Demostrar cómo influye la deflexión sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Determinar cómo influye la temperatura sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Determinar cómo influye la sección estructural sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Se presenta el informe estructurado en cuatro capítulos, de la siguiente manera:

CAPÍTULO I. Contiene el planteamiento del problema, abarcando la caracterización de la problemática, formulación del problema, objetivos de la investigación de la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 202; su justificación e importancia y delimitación del problema de la investigación

CAPÍTULO II. Permite la relación mediante el desarrollo del marco teórico, comprendiendo los antecedentes de la investigación, teoría científica que fundamente el estudio, y el marco teórico conceptual.

CAPÍTULO III. Abarca la parte metodológica de la investigación, en la que incluye el tipo y nivel, el método y diseño de investigación, población y muestra, procedimientos de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis y procesamiento de datos.

CAPÍTULO IV. Detalla el análisis e interpretación de los resultados las discusiones de la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021.

Al final de la investigación se han establecido las respectivas conclusiones y recomendaciones obtenidas.

## **I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Un pavimento sirve para permitir la operación de vehículos en una forma confortable, económica y segura, a lo que se puede agregar, protegiendo adecuadamente la sub rasante, el punto más débil del sistema.

De esta definición, puede desprenderse que existe en primer lugar un modo de falla funcional, que aplica cuando el pavimento deja de cumplir sus funciones básicas, permitir una operación confortable y segura, que afecta al usuario. Normalmente, este modo de falla es acompañada de una falla estructural. En segundo lugar, las fallas pueden ser, asociadas o no asociadas con cargas; mientras que las causas se refieren a:

- Estructural, cuando se presenta una deficiencia de la estructura o un exceso de cargas, control de calidad, por deficiencia en la calidad de algún producto o proceso que induce debilidad en algún punto o sector del pavimento, que produce esfuerzos térmicos, oxidación de algunos materiales, así como infiltraciones de agua que debilitan la estructura.
- Los cambios de temperatura bruscos en estos últimos años han permitido que se observe fallas con más frecuencia en los pavimentos debido a la alteración de los componentes que conforman la estructura del pavimento.

En el diseño de pavimentos de bajo y de alto volumen de tránsito, tanto las temperaturas altas como extremadamente bajas, afectan a los materiales asfálticos de la superficie de rodado, del mismo modo que afecta a los pavimentos regulares, es decir afecta al Módulo de Rigidez y a la estabilidad de las mezclas. Se considera la variación del Módulo por efecto de la temperatura y a su vez recomienda utilizar las mismas especificaciones técnicas para la selección del tipo de asfalto y el diseño de mezclas asfálticas, a aquellas utilizadas en pavimentos de asfalto convencionales, existen dos aspectos que deben considerarse con relación al clima que inciden en la construcción de un pavimento asfáltico.

El primero de ellos es el referente a la imposibilidad de efectuar mezclas asfálticas por limitantes de temperatura y humedad. Estas limitantes están

indicadas en todas las especificaciones, de manera que no se hace necesario volverlas a repetir. En todo caso, es conveniente cumplirlas fielmente, si se quiere obtener un resultado satisfactorio.

El segundo aspecto se refiere al tiempo de duración de las limitantes mencionadas al diseñar un pavimento. Por motivos de comodidad seguridad y funcionalidad, siendo estas fallas presentes en toda la vía y observadas a simple vista en la carpeta asfáltica como son piel de cocodrilo, exudación, fisuras en bloque, fisuras longitudinales, desprendimientos y peladuras, ahuellamiento, fisuras transversales.

Los pavimentos asfálticos o flexibles presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento, las que suelen agruparse en tres categorías: operaciones rutinarias; operaciones periódicas y operaciones de restauración. Desconociendo el estado actual de la vía por métodos que nos ayuden a determinar el grado de colapso de la estructura vial.

La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados.

Muchos de los casos pueden presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos. Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la sub rasante, en cuyo caso afecta toda la zona de la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del hormigón, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades. Causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de pobre calidad, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso.

Estas consideraciones antes planteadas serán tomadas en cuenta para; la determinación de deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento

flexible en el presente trabajo de investigación.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

PG. ¿De qué manera la deflexión influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

PE 1. ¿De qué manera la temperatura influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?

PE 2. ¿De qué manera la sección estructural influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?

## **1.3. Justificación del estudio**

El presente proyecto tiene como propósito fundamental analizar los niveles de deterioro del pavimento; en este caso pavimentos flexibles, porque este problema impide el libre tránsito de vehículos e induce al daño socio-cultural y económico de la población.

Este proyecto se ha realizado para así buscar soluciones que eviten que se presenten fisuramientos, ahuellamientos y corrugamientos con mayor rapidez antes de su vida útil, para reducir los costos de mantenimiento y elevar el grado de serviciabilidad, permitiendo un mejor desempeño del tránsito vehicular. La metodología de diseño estructural de pavimentos considera cinco aspectos fundamentales:

- El tráfico.
- Las características del suelo de subrasante.
- Las capas de pavimento.
- La calidad en el proceso constructivo.

- El clima.

El trabajo que se realiza ayudará a mejorar los comportamientos de los esfuerzos y deformaciones y deflexiones de la estructura del pavimento flexible, para este análisis una estructura típica calculada por su tránsito vehicular, su tipo de sección estructural, y la temperatura generará varios cambios en la etapa de diseño, cabe señalar que se realizan trabajos in – situ, lo cual permite que este proyecto pueda contener la credibilidad de la realidad.

Como resultado del análisis se obtienen las cargas de la deflexión y la influencia sobre la capa de rodadura del pavimento en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura.

El aporte de este proyecto servirá de gran utilidad para los ingenieros viales, permitiendo saber el comportamiento de la capa de rodadura al ser sometida a variaciones en su deflexión, bajo el criterio de tomar sus características, su sección, el tránsito, y el clima (medio ambiente) en que se estaría realizando el proyecto.

Servirá para que el tránsito sea más fluido en todas las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura. Empezando desde la primera etapa en estudio; y tomando un tramo de mejoramiento vial en partes, donde su diseño todavía no alcanza a la vida útil necesaria.

Hoy en día, la práctica habitual considera la viabilidad de una actividad no sólo desde el punto de vista económico sino desde una perspectiva de sostenibilidad, incluyendo factores ambientales y sociales; para realizar este tipo de análisis son necesarias nuevas herramientas de evaluación que contemplen todo el ciclo de vida del producto.

Dentro de éstas, destaca el Análisis del Ciclo de Vida, herramienta que permite identificar y cuantificar la energía, los materiales usados y los residuos y emisiones producidos y, como consecuencia de ello, también diseñar y evaluar oportunidades de actuación ambiental.

La tarea de diseñar y construir pavimentos que puedan resistir las condiciones adversas a las que estarán expuestas, la búsqueda de soluciones originales. Ante la persistencia del deterioro del pavimento, a pesar del uso de una estructura con la adopción de cuidados especiales para el diseño y la construcción

del pavimento. La tendencia es elaborar una solución adoptando una posición más realista, primero, buscando una solución más económica y, segundo, aceptando el deterioro como un hecho inevitable a costos razonables.

#### **1.3.1. Justificación teórica.**

La investigación es de suma importancia porque ya que se realizó con el propósito de evaluar la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021; y la verificación permitirá determinar, cómo los sistemas de deflexión tienen influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible en las calles.

#### **1.3.2. Justificación práctica.**

La tesis se desarrolló por la necesidad de mejorar la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021, de acuerdo al análisis de la investigación se expone la problemática encontrada, a fin de conocer con exactitud la situación actual para la toma de decisiones y acciones de corresponder en el preciso momento, a efectos de coadyuvar la mejora de los pavimentos flexible en los sistemas evaluados

#### **1.3.3. Justificación metodológica.**

La investigación en el aspecto metodológica al plantear que existe diferentes elementos de recolección de datos, válidos y confiables, que podrían ser utilizados como referencia para estudios similares, siendo la metodología usada el de aporte teóricos que sirvan como base para futuras investigaciones de los temas de deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexibles.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

OG. Demostrar cómo influye la deflexión sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito

Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- OE 1. Determinar cómo influye la temperatura sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.
- OE 2. Determinar cómo influye la sección estructural sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales.

Según Jaen, C. & Ticona, J. (2019), en su investigación titulada “ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO POR ETAPAS Y COMPARACIÓN CON EL TIPO DE MATERIAL DE CADA CAPA ESTRUCTURAL EN LA OBRA CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MATARANI-PUNTA DE BOMBÓN TRAMO KM 2+000 AL KM 7+000”, para optar al título de Ingeniero Civil; en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa indica:

Se propone una metodología de diagnóstico de la estructura del pavimento, basada en el cuenco de deflexiones; el proceso comienza con la recolección de datos de campo, con ayuda de la Viga Benkelman se efectúan las mediciones deflectométricas; este tipo de ensayo corresponde a uno no destructivo. Con los resultados obtenidos en campo se calcula el módulo de elasticidad del pavimento a través de un proceso de simulación numérica. (p.15)

Para la evaluación estructural, como se mencionó anteriormente, se utilizó la Viga Benkelman para medir la respuesta del pavimento ante el paso de un camión cargado normalizado. Las lecturas de las deflexiones, radios de curvatura, y los valores del módulo resiliente de la sub rasante determinado según modelo de capas elásticas, permitirá determinar la condición actual del pavimento. Llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Mediante el deflectograma, se ha identificado zonas débiles difícilmente detectables mediante inspección visual para su reparación.
- 2) Las deflexiones características obtenidas en campo con el equipo de Viga Benkelman cumplen con los parámetros de deflexiones admisibles calculadas para el proyecto  $D_{campo} < D_{adm}$ , en subrasante  $69.2 \times 10^{-2}$  mm  $< 80 \times 10^{-2}$  mm, en base granular  $49.9 \times 10^{-2}$  mm
- 3) El número estructural calculado con datos de campo (SN=6.8), es superior al número estructural calculado con datos de estudio del proyecto (SN=3.9).

- 4) Se comprobó la disminución de las deflexiones a medida que se construye cada capa de la estructura del pavimento, en un 12% en la sub base granular, 18% en la base granular y en 27% en la carpeta asfáltica.
- 5) Las deflexiones halladas mediante el método de elementos finitos difieren en 8.4 % en sub rasante, 6.4% en sub base granular, en 4% en base granular y 0.2% en carpeta asfáltica respecto a las deflexiones admisibles halladas para el proyecto.
- 6) De la estimación realizada 1 pulgada de espesor de carpeta asfáltica absorbe en promedio  $3.5 \times 10^{-2}$  mm de deflexión, 1 pulgada de espesor de base granular absorbe en promedio  $1.4 \times 10^{-2}$  mm de deflexión y 1 pulgada de espesor de sub base granular absorbe en promedio  $0.9 \times 10^{-2}$  mm de deflexión (p.27)

**Cubas, R. (2017)**, investigación titulada *COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VIA DE EVITAMIENTO SUR – CAJAMARCA UTILIZANDO LAS DEFLEXIONES MEDIDAS CON LA VIGA BENKELMAN*, para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte. Cajamarca; indica que:

El principal objetivo de este trabajo ha sido la determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca, utilizando las deflexiones medidas con la viga Benkelman. La vía en estudio corresponde a una autopista de Primera clase (IMDS = 9465 Veh/día) tipo I, y pertenece a la red vial Nacional (Ruta 3N). Este trabajo de investigación comprendió un desarrollo progresivo de diferentes etapas que se inicia desde el reconocimiento, levantamiento topográfico, estudio de tránsito, medición de las deflexiones, hasta el procesamiento de los datos obtenidos en campo, correlaciones y análisis de los resultados que permiten determinar el comportamiento estructural del pavimento. El pavimento evaluado ha sido construido en el año 2002 y está conformado por una capa de rodadura de 3.5”, una base granular de 15 cm y una sub base granular de 20 cm, La subrasante ha sido mejorada con una capa de material granular. Para la evaluación de la capacidad estructural del pavimento se midieron las deflexiones cada 50 metros,

de acuerdo con el procedimiento indicado por la norma MTC E102-2000 “Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman”, para lo cual se utilizó una viga Benkelman de doble brazo, un volquete cuyo eje posterior tuvo un peso de 8.2 toneladas, las llantas con una presión de inflado de 80 P.S.I. Con las deflexiones obtenidas se procedió a la evaluación del pavimento utilizando el método CONREVIAl obteniéndose una deflexión característica de  $125 \times 10^{-2}$  mm, mayor que la deflexión admisible de  $77 \times 10^{-2}$  mm y un radio de curvatura promedio de 589.93 mm, mayor al mínimo establecido por el método (100mm), llegando a la conclusión de que el pavimento no presenta un adecuado comportamiento estructural. (p.28)

Sullca, E. (2016), en su investigación titulada EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN LA NORMA PERUANA DE PAVIMENTOS, DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCION CARRETERA HUANCVELICA - LIRCAY, PERIODO 2016, para optar por el título profesional de Ingeniero Civil; en la Universidad Nacional de Huancavelica, indica que:

El presente estudio, se realizó durante la construcción de la carretera Huancavelica – Lircay, en el tramo que corresponde KM 15+000,00 – KM 20+000,00, con la finalidad de determinar en qué medida la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera reúne condiciones de calidad, de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG-2013). Los principales objetivos son: Identificar y encontrar los parámetros que establece la EG-2013 y determinar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica utilizando los equipos Viga Benkelman y el Merlin. (p.28)

El método empleado fue descriptivo y de diseño transversal; Las mediciones se realizaron empleando una Viga Benkelman, se midieron deflexiones a varias distancias del eje de la carga (0; 25; 50; 100 y 500cm) con el fin de definir el cuenco de deflexiones, para determinar la rugosidad se efectuaron 200 observaciones de las irregularidades que presenta la carpeta de rodadura del pavimento flexible, cada una de las cuáles fueron detectadas por el patín móvil del Merlin. (p.28)

Concluida la recolección de datos, se procedió a codificar, tabular y organizar la información mediante cuadros estadísticos. Al análisis de los resultados se encontró que la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica utilizando los equipos Viga Benkelman y el Merlin indican que la estructura del pavimento flexible se encuentra en buen estado y en óptimas condiciones cumpliendo con las especificaciones de la EG-2013, concluyendo así en la afirmación de la hipótesis. (p.28)

Medina, A. & De La Cruz, M. (2015), en la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del Distrito de Lince aplicando el método del PCI”, para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, que indica:

La presente tesis reporta la aplicación del método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en el Jr. José Gálvez. Exactamente 6929.25 m<sup>2</sup> o 842.20 metros lineales de pista de concreto asfáltico han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. La metodología está dividida en 6 puntos secuenciados, los cuales consisten en la toma de muestras. Se escoge un pavimento a evaluar, la cual estará divididas en unidades de muestreo, es decir por áreas. Luego se procede a realizar la recolección de datos, mediante el levantamiento de las fallas existente para proceder a un análisis de estos. Luego se evaluaron los resultados y se propondrá alternativas de solución con la propuesta de un presupuesto de rehabilitación. Finaliza mediante las siguientes conclusiones.

El estado del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las secciones identificadas. El pavimento flexible del Jr. José Gálvez actualmente está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios. (p.31)

Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición mala la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ninguna unidad de muestra en condiciones de excelente. (p.31)

Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: Piel de

cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados. (p.32)

El costo de mantenimiento y rehabilitación del Jr. José Gálvez evaluado es de 135534.27 nuevos soles, con lo cual se logra pasar el pavimento de una condición regular a excelente. (p.32)

El ratio de costo por m<sup>2</sup> de área del Jr. José Gálvez evaluado para pasar el pavimento de una condición regular a excelente es de 19.56 nuevos soles/m<sup>2</sup>. (p.32)

Carahuatay, R. (2015), en su investigación titulada DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAN MIGUEL • PABLO, TRAMO SAN MIGUEL • SUNUDEN; MEDIANTE EL ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO.; para optar al título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Haciendo uso del análisis deflectométrico. Cinco mil metros lineales de pavimento han sido estudiados para identificar el comportamiento estructural actual en el que se encuentra dicho pavimento, para lo cual se tomaron 25 muestras, ubicadas a lo largo de la vía en estudio donde se indica:

Para los ensayos de deflectometría se utilizó un camión de dos ejes, cuyo eje posterior peso 18,000 libras, y la Viga Benkelman de doble brazo a través de la cual se registrarían las deflexiones presentes en el pavimento en estudio, para luego ser analizados, siguiendo los parámetros estipulados por el CONREVIAL.

Se determinó el comportamiento estructural de las capas del Pavimento flexible de la carretera San Miguel - San Pablo, tramo San Miguel - Sunuden, mediante el análisis deflectométrico. Indicándonos que dicha carretera presenta actualmente un mal comportamiento estructural. Debido a que la deflexión promedio ( $137.12 \times 10^{-2}$  mm) es mayor a la deflexión admisible ( $108 \times 10^{-2}$  mm). Por lo que no se garantiza una estructura de comportamiento satisfactorio. Finalmente, se concluye que el análisis deflectométrico de una vía, nos indica cual es el comportamiento estructural de dicha vía, en cualquier punto de su vida útil.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales.**

**Cruz, O. & Ocaña, F. (2019)**, en su investigación titulada *Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD*, trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Infraestructura Vial, en la Universidad Santo Tomas. Bogotá. Colombia; que indica:

El análisis de los comportamientos estructurales en pavimentos flexibles para las vías secundarias locales en la ciudad de Bogotá, no ha tenido un control o importancia suficiente por parte de los Entes encargados en su etapa de servicio, es posible notarlo en el estado de la malla vial secundaria de la ciudad de Bogotá, donde actualmente el 62% de la malla vial local se encuentra en mal o regular estado (IDU, 2018); de este indicador se puede deducir que estos tipos de pavimentos no han sido intervenidos adecuadamente desde su construcción, presentando diferentes tipos de deterioro. Es así que para este estudio se realizó un análisis a ocho (8) vías de la localidad 5 de Usme, las cuales se construyeron con estructuras de pavimentos convencionales (bases granulares y sub-bases granulares) y otras que se intervinieron con materiales reciclados como lo es el asfalto reciclado – RAP (p.22)

Considerando que generalmente la medición de la capacidad estructural de un pavimento existente, requiere de procesos destructivos en la vía, lo que altera el equilibrio del sistema pavimento-subrasante y produce un daño mayor al examinar o analizar los pavimentos; se ha optado últimamente por realizar técnicas para ensayos de alto rendimiento, conocidas como pruebas NO DESTRUCTIVAS (Non Destructive Test, NDT); entre estos ensayos se destaca la utilización del deflectómetro de impacto FWD (Falling Weight Deflectometer), cuya función es la de analizar la condición estructural de los pavimentos mediante la interpretación de las deflexiones producidas bajo cargas dinámicas que simulan el efecto del tránsito. Por este motivo, agencias dedicadas a la investigación, como la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Washington State Department of Transportation (WSDOT), han establecido modelos matemáticos para correlacionar (retro cálculos o retro análisis) dichas tecnologías a través de parámetros o indicadores de estado del pavimento,

mediante la obtención de módulos y números estructurales y con lo que se pretende analizar estos pavimentos existentes en la localidad 5 de Usme, lo que permitirá establecer y comparar el comportamiento estructural de pavimentos a base de materiales reciclados con pavimentos a base de materiales convencionales. (p.22)

Salinas, E. (2019), en su investigación titulada 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, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, en la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador, que reporta:

El presente proyecto técnico tiene como finalidad realizar la evaluación del funcionamiento y las condiciones estructurales del pavimento de una de las principales vías colectoras ubicada al sur de la ciudad de Ambato. (p.18)

Los trabajos empezaron con la determinación del TPDA mediante un análisis de tráfico a través de la realización de conteos y categorización de los vehículos que circulan por la vía. Para la evaluación funcional de pavimento se utilizó el método PCI (Pavement Condition Index), el cual está basado en una clasificación visual de las fallas de la capa de rodadura de los pavimentos para su respectiva valoración cuantitativamente de acuerdo al nivel de daño que tiene la misma. (p.18)

Para complementar la información anterior se realizó la medición de las deflexiones en el pavimento a través de la viga Benkelman para la verificación del cumplimiento de las deformaciones admisibles. Adicionalmente se realizó una investigación de estudio de suelo, se descubrió que las propiedades de la capa de partículas de la estructura del pavimento cumplían con las especificaciones propuestas por MTOP. (p.18)

Por último, en el estudio del hormigón asfáltico se obtuvo el porcentaje de bitumen de varias muestras extraídas de dos secciones de la vía. Se determinó que en el hormigón asfáltico antiguo el porcentaje de asfalto es menor que el óptimo mientras que la sección repavimentada cumple con las especificaciones requeridas Finalmente se concluye el trabajo con un presupuesto de los tramos más deteriorados. (p.18)

Paredes, J. (2019), en su investigación "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.”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil; en la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador; que indica:

El objetivo principal de presente trabajo de titulación modalidad Experimental es proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía: Cevallos-Quero en el tramo desde la abscisa K5+800 a la abscisa K9+100 de la provincia de Tungurahua. (p.16)

Se utilizó equipo mecánico disponible en los laboratorios de ensayo de materiales y mecánica de suelos para determinar la deflexión del pavimento en áreas específicas de la vía Cevallos-Quero, de igual manera se realizara exploraciones de pozo a cielo abierto (PCA) para obtener muestras para el análisis de laboratorio: Granulometría, Límites de consistencia, Densidad (Proctor), Abrasión y valor de soporte de California (CBR) aplicando las normas: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM). (p.16)

Directamente sobre la rasante vial se realizó la evaluación superficial y estructural del pavimento aplicando el método de evaluación Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Análisis Viga Benkelman para determinar el índice de condición del pavimento, Deflexión y radio de curvatura de la estructura del pavimento propiedades con las que se valoró la situación actual de la capa de rodadura en la vía y comportamiento de la estructura del pavimento. La razón del deterioro prematuro de la capa de rodadura es debido a que el espesor de las capas de la estructura del pavimento es insuficiente, las cuales ya no cumplen con los estándares de calidad solicitados. (p.16)

Por lo cual se determinó que no es factible realizar un plan de conservación vial para rehabilitar de la estructura de la capa de rodadura y considerando el estado actual de la vía se realizó una propuesta de reforzamiento de la estructura del pavimento en la vía: Cevallos-Quero en el tramo desde la abscisa K5+800 a la abscisa K9+100 de la provincia de Tungurahua. Dicho reforzamiento tiene un

presupuesto referencial de \$650,014.21 sin incluir el valor de IVA. (p.17)

Szasdi, F. (2015), en su investigación titulada OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOPORTE LATERAL; previo a la obtención del título de ingeniero Civil; en la Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción. Guatemala indica que:

El objetivo principal del presente trabajo es determinar los beneficios estructurales y funcionales que se obtienen al utilizar soporte lateral en pavimentos rígidos. Para ello, se desarrolla un análisis comparativo para identificar los parámetros en los cuales la utilización de soporte lateral tiene un impacto positivo, así como la magnitud de dicho impacto. (p.26)

Para el propósito, han sido creados 180 modelos de pavimentos rígidos, los cuales combinan diferentes espesores, cargas y casos de soporte lateral. Estos modelos son analizados estructuralmente por medio de elementos finitos, haciendo uso del software EverFE 2.25. La finalidad de este análisis es obtener valores de esfuerzos máximos y deflexiones provocados por diferentes casos de carga. (p.26)

Adicionalmente, utilizando el software M-E PDG 1.100, han sido creados 9 diseños de pavimentos rígidos, los cuales evalúan 3 espesores de losa y 3 casos de soporte lateral. Por medio de estos diseños, los cuales han sido desarrollados en base a la Metodología Empírico-Mecanicista AASHTO 2008, se estima el deterioro en las losas a lo largo de su vida útil de diseño. Este análisis determina la regularidad de la superficie, el porcentaje de losas agrietadas transversalmente y el escalonamiento en las juntas. (p.26)

Ramos, J. (2015), en su investigación titulada INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DEFLEXIÓN DE FIRMES FLEXIBLES, tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid. España, reporta que:

En esta investigación se ha estudiado el efecto de la variación de la temperatura en la deflexión de firmes flexibles. En primer lugar, se han recopilado los criterios existentes de ajuste de la deflexión por efecto de la temperatura. Posteriormente, se ha llevado a cabo un estudio empírico mediante la auscultación de las deflexiones en cinco tramos de carretera con firme flexible y con diferentes espesores de mezclas bituminosas (entre 10 y 30 cm). Las medidas se han

efectuado en dos campañas (verano e invierno), tratando de abarcar un amplio rango de temperaturas. En cada campaña, se han llevado a cabo distintas auscultaciones a diferentes temperaturas. Las medidas de cada campaña se han realizado el mismo día. Se han obtenido los coeficientes empíricos de ajuste por temperatura para cada tramo analizado. (p.28)

Además, se ha realizado un estudio teórico mediante la elaboración de diferentes modelos (multicapa elástico lineal, multicapa visco-elástico lineal y elementos finitos) que reproducen la respuesta estructural de los firmes flexibles auscultados. La caracterización mecánica de las mezclas bituminosas se ha realizado mediante ensayos de módulo complejo en laboratorio, a diferentes temperaturas y frecuencias, sobre testigos extraídos en las carreteras estudiadas. Se han calculado los coeficientes teóricos de ajuste por temperatura para cada modelo elaborado y tramo analizado. (p.28)

Finalmente, se ha realizado un estudio comparativo entre los distintos coeficientes de ajuste (existentes, empíricos y teóricos), que ha puesto de manifiesto que, en todos los casos analizados, los coeficientes obtenidos en el modelo de elementos finitos son los que más se aproximan a los coeficientes empíricos (valor de referencia para los tramos analizados). El modelo desarrollado de elementos finitos permite reproducir el comportamiento visco-elástico de las mezclas bituminosas y el carácter dinámico de las cargas aplicadas. Se han utilizado elementos tipo tetraedro isoparamétrico lineal (C3D8R) para el firme y la parte superior del cimiento, mientras que para la parte inferior se han empleado elementos infinitos (CIN3D8). (p.28)

## **2.2. Bases teóricas de las variables**

### **2.2.1. Capa de rodadura del pavimento flexible.**

#### **2.2.1.1. Definición.**

Manual de Carreteras (2013), indica que ese trabajo consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. El equipo para la ejecución de los trabajos es una máquina fresadora, cuyo estado tiene potencia y capacidad

productiva que garantice el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Supervisor observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, se ordena su reemplazo.

El Contratista debe utilizar equipo autopropulsado con las siguientes características:

- Equipado con un control automatizado para la profundidad de corte.
- Capaz de mantener una profundidad de corte uniforme.
- Capaz de fresar a la profundidad requerida, abarcando al menos la mitad del ancho de la capa a reciclar, o un carril, el que sea mayor.
- Capaz de triturar el material fresado.

El equipo de fresado no debe dañar el material a profundidades mayores a la de corte proyectada.

**Tabla 1.**

*Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito*

Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido	Tipo de carpeta
Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido	Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo
1000 a 2000	Mezcla en planta de 5cm de espesor mínimo
500 a 1000	Mezcla en el lugar o planta de 5cm de espesor mínimo
menos de 500	Tratamiento superficial simple o múltiple

Tomado de: Herrera et al (2013)

Medina (2015) nos indica que:

La estructura detallada en capas son las siguientes:

**Sub rasante:** es la capa más profunda de toda la estructura que conforman al pavimento. Estos suelos pertenecientes a la sub rasante serán adecuados y estables con CBR4 igual o mayor a 6%. En el caso que sea menor (sub rasante pobre o inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual

se tendrá que analizar alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo de suelo, estabilización química de suelo, estabilización con geo-sintéticos, entre otros, eligiendo la alternativa más conveniente en cuanto a lo técnico y económico. Se apoya sobre el terreno natural de fundación.

**Sub-base:** es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ( $\text{CBR} \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento.

**Base granular:** es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Esta capa será de material granular ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento. A su vez esta capa debe ser de mejor calidad y granulometría que la sub-base.

**Carpeta asfáltica:** es la capa superior del pavimento flexible y es colocada sobre la base granular con la finalidad de sostener directamente el tránsito. Asimismo, es la capa de mejor calidad debido a que debe ofrecer características como fricción, suavidad, control de ruido y drenaje. (p.12)

#### **2.2.1.2. Características de materiales.**

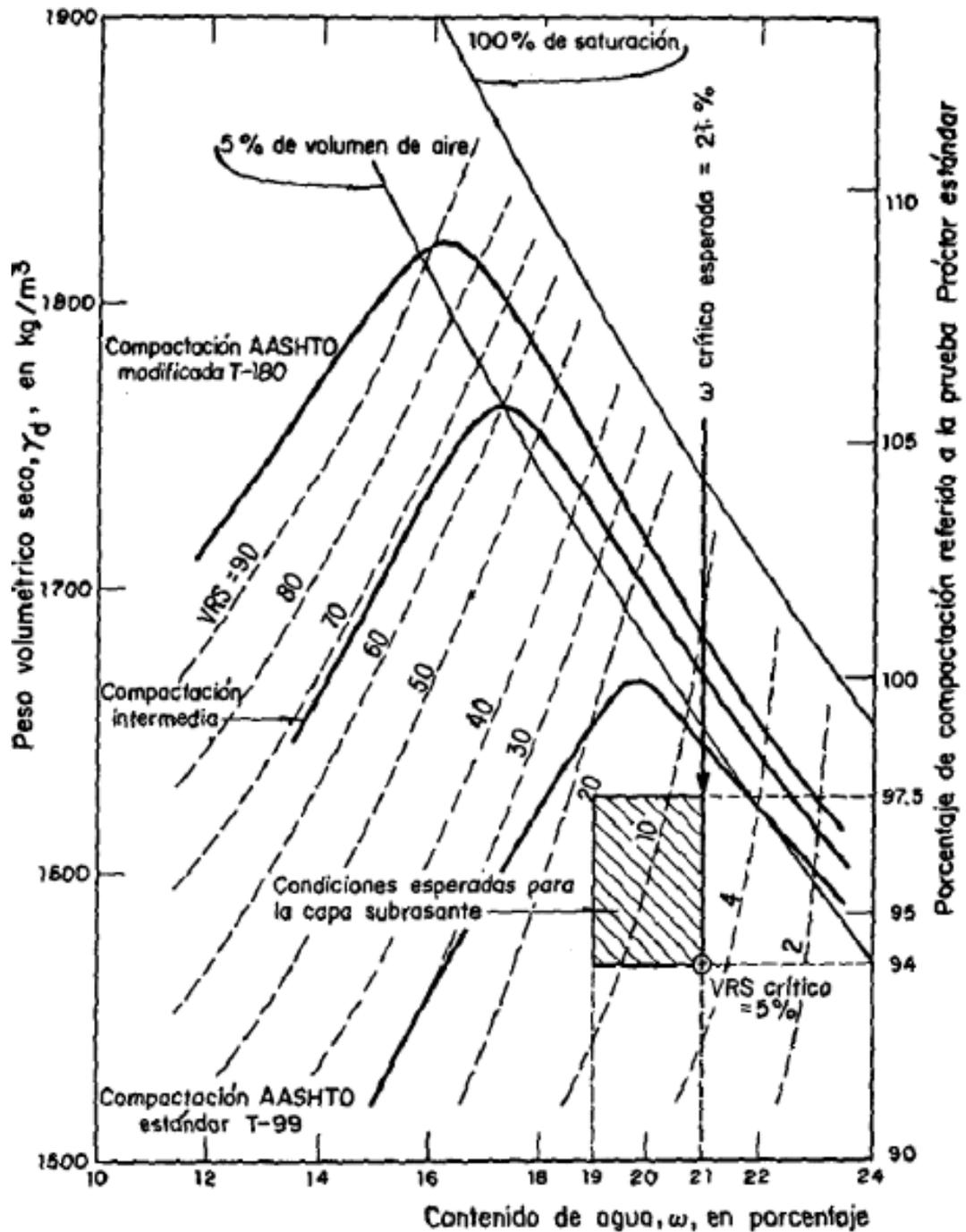
Gosil (CAR. Carreteras – pavimentos)

La propiedad básica de los materiales que conforman las capas de un pavimento (carpeta asfáltica, base, sub base y subrasante) es el Módulo de Resiliencia, que es una medida de las propiedades elásticas de un suelo, pero reconociendo la existencia de características no lineales en su comportamiento.

Según AASHTO el Módulo de Resiliencia está llamado a sustituir al Valor Relativo de Soporte por las razones siguientes:

Se supone que es una propiedad mecánica básica que puede usarse en análisis mecanicistas de sistemas de capas múltiples para predecir

diferentes tipos de deterioros, como son el agrietamiento, las deformaciones permanentes, la rugosidad, etc. El procedimiento para su obtención está normalizado según método AASHTO (p. 24).



**Figura 1.** Ejemplo relaciones peso volumétrico seco – contenido de agua - vrs, para un suelo arcilloso  
Tomado de: CBR – VRS Valor relativo al soporte

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO ①	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS ②		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS ③ = ① x ②	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
		CARGADOS	VACIOS		CARPETA Y BASE Z = _____ ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z' = _____ ⑤	CARPETA Y BASE ⑥ = ③ x ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS ⑦ = ③ x ⑤
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
<b>SUMAS</b>	<b>1.000</b>	_____		<b>1.000</b>	<b>EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO</b> ⑧			
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$					TOPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑨			
n = AÑOS DE SERVICIO =					C <sub>T</sub> ⑩			
T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = %					ΣL ⑪ = ⑧ x ⑨ x ⑩			
TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL =					CD CARRIL PROYECTO =			

Figura 2. Cálculo del tránsito equivalente acumulado (ΣL).  
Tomado de: CBR – VRS Valor relativo al soporte

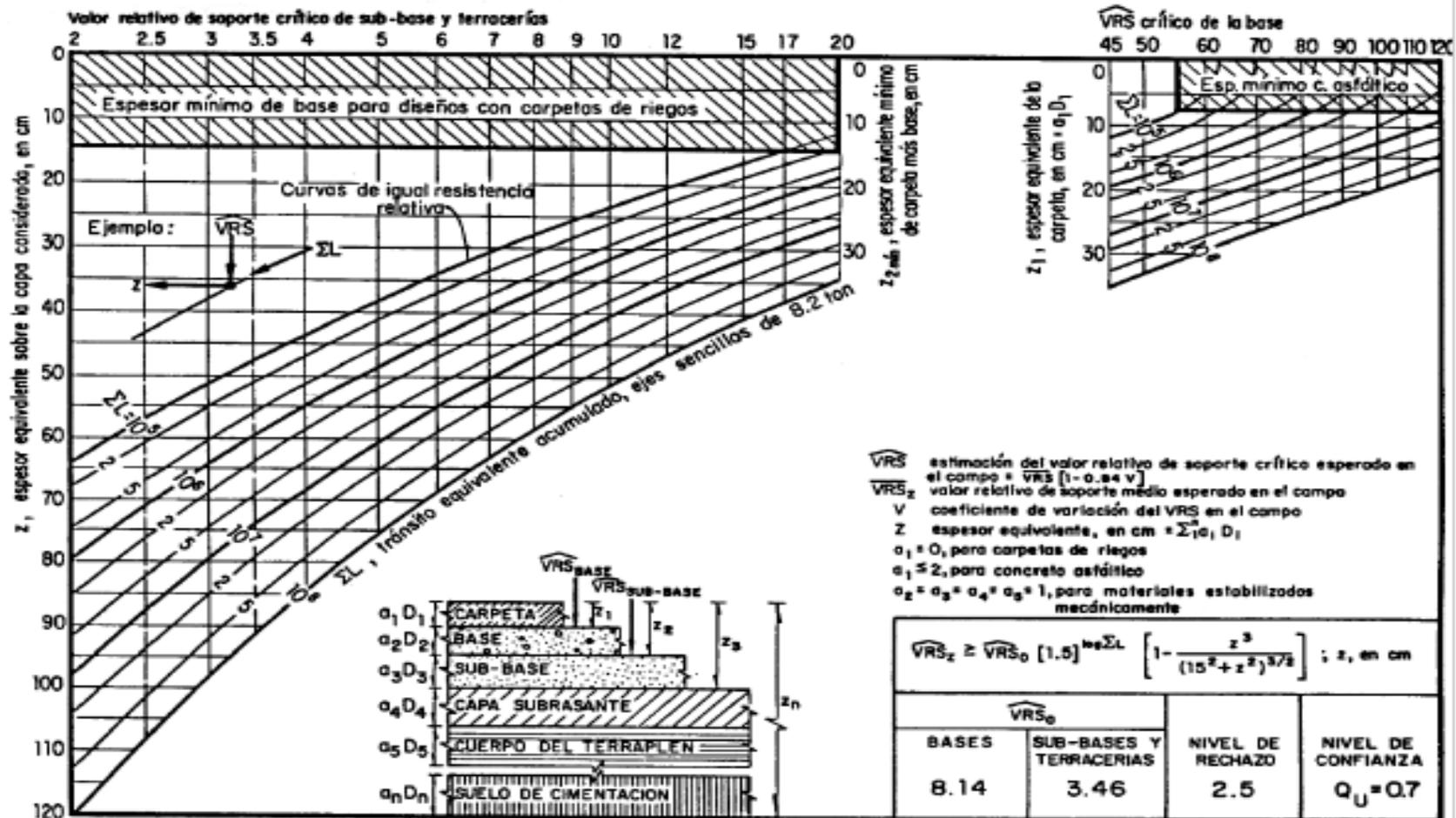


Figura 3. Gráfica para diseño estructural de carretas con pavimento flexible  
Tomado de: CBR – VRS Valor relativo al soporte

## **2.2.2. La deflexión (tráfico – sección estructural – temperatura).**

### **2.2.2.1. Método de diseño.**

Sencico Norma CE – 010 Pavimentos Urbanos (2010, p. 35)

- Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen y que, al criterio del PR, sea aplicable a la realidad nacional. El uso de cualquier otra metodología de diseño obliga a incluirla como anexo a la Memoria Descriptiva.
- Alternativamente, se podrán emplear las metodologías sugeridas en los Anexos B, D y F de esta Norma.

### **2.2.2.2. Diseño estructural.**

En cualquier caso, se efectúa el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
- Características y volumen del tránsito durante el período de diseño.
- Vida útil del pavimento.
- Condiciones climáticas y de drenaje.
- Características geométricas de la vía.
- Tipo de pavimento a usarse.

### **2.2.2.3. Especificaciones técnicas constructivas.**

- El PR deberá elaborar las especificaciones técnicas que tomen en cuenta las condiciones particulares de su proyecto. En los Anexos C, E y G se acompañan los lineamientos generales para las especificaciones constructivas de pavimentos asfálticos, de concreto de cemento Portland y con adoquines, respectivamente.
- Los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos, son los indicados en la Tabla 2.

**Tabla 2.***Especificaciones técnicas constructivas*

Elemento		Tipo de Pavimento		Adoquines
		Flexible	Rígido	
Sub - rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥250 mm - Vías locales y colectoras ≥300mm - Vías arteriales y expresas		
Sub - base		CBR ≥ 40 % 100 % Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100 % compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80 % 100 % Compactación Proctor Modificado	N.A.	CBR ≥ 80 % 100 % Compactación Proctor Modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm	≥ 200 mm	NR
	Vías expresas	≥ 80 mm		NR
Material	Vías locales	Concreto asfáltico	MR ≥ 3.4 Mpa (34 kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> ≥ 38 Mpa (380 kg/cm <sup>2</sup> )
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
	Vías expresas			

Notas: Tomado de NTP CE 010 Pavimentos Urbanos N.A. No Aplicable; N.R.: No Recomendable; El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el proyecto mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

- En ningún caso la capa de rodadura será la base granular o el afirmado, a menos que sea tratada. Bajo la responsabilidad de la Entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras y del PR, se podrá considerar otras soluciones tales como: Bases tratadas con cemento, con asfalto o cualquier producto químico.
- En el caso de los pavimentos flexibles y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: micro pavimentos, lechadas bituminosas (slurry seal), tratamientos asfálticos superficiales, etc.
- En el caso de los pavimentos rígidos y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: concreto con refuerzo secundario, concreto con refuerzo principal, concreto con fibras, concreto compactado con rodillo, etc.
- Los estacionamientos adyacentes a las vías de circulación tendrán de preferencia, las mismas características estructurales de estas. Alternativamente se podrán usar otros tipos de pavimentos sustentados con un diseño

**Tabla 3.**  
*Especificaciones en tipos de vías*

Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas*	Vías locales	Vías Colectoras y Arteriales	Vías Expresas
	EAL < 10 <sup>4</sup> Tránsito Liviano	10 <sup>4</sup> ≤ EAL < 10 <sup>6</sup> Tránsito Mediano	EAL ≥ 10 <sup>6</sup> Tránsito Pesado
Números de golpes en cada cara de la probeta	35	50	75
Estabilidad mínima, kN	3,4	5,44	8,16
Flujo, 0,25 mm (min - max)	8 - 18	8 - 16	8 -14
Porcentaje de vacíos llenos de aire**, (min - max)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Porcentaje de vacíos, en el agregado mineral***, VMA (min - max)		-	
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto, VFA (min – máx.)	70 - 80	65 -78	65 -75

Nota: Tomado de NTP CE 010 Pavimentos Urbanos

Se debe considerar todos los criterios en el diseño de mezclas de pavimentación, Por encima de los 3000 m.s.n.m., se recomienda un valor de 2%. El porcentaje de vacíos en el agregado mineral se calcula sobre la base de las gravedades específicas bulk ASTM de los agregados.

**Tabla 4.**  
*Tipos de agregados*

MALLA	VMA mínimo, porcentaje		
	Porcentaje de vacíos de diseño		
	3.0	4.0	5.0
1,18 mm (N° 16)	21.5	22.5	23.5
2,36 mm (N° 8)	19.0	20.0	21.0
4,75 mm (N° 4)	16.0	17.0	18.0
9,50 mm (3/8")	14.0	15.0	16.0
12,5 mm (1/2")	13.0	14.0	15.0
19,0 mm (3/4")	12.0	13.0	14.0
25,0 mm (1.0")	11.0	12.0	13.0
37,5 mm (1.5")	10.0	11.0	12.0
50,0 mm (2.0")	9.50	10.5	11.5
63,0 mm (2.5")	9.00	10.0	11.0

Notas: Interpolar para valores de vacíos llenos de aire comprendidos entre los indicados.  
Tomado de: NTP CE 010 Pavimentos Urbanos

#### **2.2.2.4. Pavimentos especiales.**

Según la NTP CE 010 Se consideran como pavimentos especiales a los siguientes:

- Aceras o Veredas.
- Pasajes Peatonales.
- Ciclo vías.

Estos pavimentos deberán cumplir los siguientes requisitos:

**Tabla 5.**  
*Pavimentos especiales*

Elemento \ Tipo de Pavimento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclo vías
Sub – rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: $\geq 150$ mm		
Base		CBR $\geq 30$ %		CBR $\geq 60$ %
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	$\geq 30$ mm		
	Concreto de cemento portland	$\geq 100$ mm		
	Adoquines	$\geq 70$ mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico		
	Concreto de cemento portland	$f'c \geq 17.5$ Mpa (175 kg/cm <sup>2</sup> )		
	Adoquines	$f'c \geq 32$ Mpa (320 kg/cm <sup>2</sup> )	N.R.	

Nota: Tomado de NTP CE 010 Pavimentos Urbanos

### **2.2.2.5. Tráfico.**

La metodología de diseño está basada en dos tipos de tráfico:

- Vehículos ligeros y
- Camiones.

Los suelos de sub-rasante se clasifican como:

- Excelente a Bueno. Los suelos de sub-rasante Excelentes no se ven afectados por la humedad o por el congelamiento. Ellos incluyen arenas o gravas limpias y angulosas, particularmente aquellas que son bien graduadas. Propiedades típicas: Módulo Resiliente 170MPa (25,000 psi),

CBR  $\geq$ 17%. Los suelos de sub-rasante Buenos retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando están húmedos. Incluyen las arenas limpias, arenas con gravas y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos. Propiedades típicas: 80 M Pa (12,000 psi) < Módulo Resiliente <170 M Pa (25,000 psi); 8%<CBR <17%.

- Regular, los suelos de sub-rasante son moderadamente estables bajo condiciones adversas de humedad. Incluye suelos como arenas eólicas, arenas limosas y arenas gravosas que contienen cantidades moderadas de arcillas y limos. Propiedades típicas: 30 M Pa (4,500 psi) < Módulo Resiliente < 80 M Pa (12,000 psi) y 3%< CBR <8%
- Pobre, Suelos blandos y plásticos cuando están húmedos. Incluyen suelos con cantidades apreciables de arcillas y limos. Los limos gruesos y arenas eólicas arenosos también pueden mostrar pobres capacidades portantes en áreas donde la penetración por helada dentro de la sub-rasante es un factor. Propiedades típicas: Módulo Resiliente  $\leq$  30 M Pa (4,500 psi), CBR  $\leq$  3%.

#### 2.2.2.6. Medio ambiente.

Según la NTP CE 010 se dan los grados de asfalto recomendados para diferentes condiciones variadas de temperatura.

**Tabla 6.**  
*Temperatura y medio ambiente*

Condición de Temperatura	Grados de Asfalto
Frío, temperatura media anual del aire 7 °C	PEN 120/150, 85/100
Templado, temperatura media anual del aire entre 7 °C y 24 °C	PEN 85/100, 60/70
Caliente, temperatura media anual del aire 24 °C	PEN 60/70, 40/50

Nota: Tomado de NTP CE 010 Pavimentos Urbanos

### 2.3. Definición de términos básicos

**Asfalto:** capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano. (Salinas 2010)

**Calentamiento:** aumento de la temperatura mediante la transmisión de calor. (Salinas 2010)

**Cambio climático:** cualquier cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido

a su variabilidad natural o como resultado de la actividad humana. (IPCC, 2007)

**Clima:** el clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años (IPCC,2007).

**Deformación angular:** las fuerzas cortantes producen una deformación angular o distorsión, de la misma forma que las fuerzas axiales producen deformaciones longitudinales. (DIMEC, 2011)

**Ligantes asfálticos naturales:** con la denominación de asfaltos naturales o nativos, se conocen a una amplia gama de productos con base asfáltica que existen en la naturaleza y de los que pueden obtenerse, sin necesidad de destilación, aglomerantes para pavimentaciones. (Miro, 1994)

**Lluvia:** según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. La lluvia (del lat. *pluvia*) es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes.

**Medio ambiente:** se refiere a diversos factores y procesos biológicos, ecológicos, físicos y paisajísticos que, además de tener su propia dinámica natural, se entrelazan con las conductas del hombre. Estas interacciones pueden ser de tipo económico, político, social, cultural o con el entorno, y hoy en día son de gran interés para los gobiernos, las empresas, los individuos, los grupos sociales y para la comunidad internacional. (Quadri, 2013)

**Radiación:** energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio. (RAE, 2011)

**Suelo:** conjunto de materias orgánicas e inorgánicas de la superficie terrestre, capaz de sostener vida vegetal. (RAE, 2011)

**Temperatura:** se establecen mediante promedios. Hablamos de temperaturas medias (diarias, mensuales, anuales...) y de oscilación o amplitud térmica, que es

la diferencia entre el mes más frío y el mes más cálido de un lugar. (IPCC,2007).

**Tráfico:** circulación de vehículos. Movimiento o tránsito de personas, mercancías, etc., por cualquier medio de transporte. (RAE, 2011)

### **III. MÉTODOS Y MATERIALES**

#### **3.1. Hipótesis de la investigación**

##### **3.1.1. Hipótesis general.**

H<sub>i</sub>: La deflexión influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>o</sub>: La deflexión no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas.**

H<sub>1</sub>: La temperatura influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>o</sub>: La temperatura no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>2</sub>: La sección estructural influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>o</sub>: La sección estructural no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

#### **3.2. Variables de estudio**

Variable Independiente (x)

Variable Dependiente (y)

X= Deflexión (Temperatura – Sección Estructural)

Y= Capa de rodadura del pavimento flexible

### **3.2.1. Definición conceptual.**

#### **3.2.1.1. *Capa de rodadura del pavimento flexible.***

Gómez (2014, p. 60) nos indica que:

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASTHO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales.

#### **3.2.1.2. *La deflexión (tránsito de vehículos – temperatura – sección estructural).***

Gómez (2014, p.11) nos indica que:

Los métodos que se describe en diversos documentos está encaminado a dar una aproximación de las correlaciones empíricas logradas hasta la primera mitad del siglo XX en el diseño estructural de pavimentos; se ha llegado a este estado del arte aplicando metodologías usadas en otras áreas de la ingeniería que tienen en cuenta las propiedades de los materiales que constituyen el pavimento; el procedimiento puede tener el grado de sofisticación que el ingeniero desee con este procedimiento se puede obtener los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidos por cargas a las que está sometida la estructura.

#### **a. Cálculo de las deflexiones**

Para el cálculo de las deflexiones máximas, se debe calcular la diferencia entre la lectura final y las demás lecturas. Las diferencias se multiplican por la relación de brazos de la Viga Benkelman utilizada, en este caso 1:4.

$$D_n = (L_f - L_n) \times 4$$

Donde:

Dn: Deflexión en la medida n.

Lf: Lectura en la medida final.

Ln: Lectura en la medida n.

## b. Corrección por temperatura

Las deflexiones características deben referirse a una temperatura normal de 20°C. No se requiere corrección por temperatura en estructuras de pavimentos compuestas por un tratamiento superficial o mezclas asfálticas delgadas, colocadas sobre bases cuyo módulo de rigidez sea insensible a cambios de temperatura. Si las carpetas asfálticas son gruesas, el efecto de la temperatura sobre la deflexión posee mayor importancia, por lo que se ha recomendado aplicar algún factor de corrección, el cual se determina

$$Dc(20^{\circ}C) = \frac{Dc(T)}{1 + 8 \times 10^{-4}h(T - 20)}$$

Donde:

Dc (T): Deflexión Característica de la sección, para la temperatura del pavimento en el momento del ensayo (T).

h: Espesor promedio de las capas asfálticas de la sección, en cm.

Expresión que es válida para temperaturas menores o iguales a 40°C

## c. Corrección por condiciones ambientales

Los valores de deflexión característica deberán afectarse por los siguientes valores que se indica en la tabla siguiente Montejo, A. (2006)

**Tabla 7.**

*Valores para corrección por condiciones ambientales*

<b>NATURALEZA DEL SUELO DE SUBRASANTE</b>	<b>PERIODO LLUVIAS</b>	<b>PERIODO INTERMEDIO</b>	<b>PERIODO SECO</b>
Suelos arenosos y permeables	1.0	1.0 a 1.1	1.1 a 1.3
Suelos arcillosos e impermeables	1.0	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Tomado de: Montejo, A. (2006)

#### d. Metodología de retro cálculo

Los fundamentos de la metodología de retro cálculo. Las salidas del retro cálculo son el módulo de elasticidad de la estructura del pavimento, el número estructural efectivo de las capas del pavimento y el módulo resiliente de la subrasante, como se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 8.**

*Representación de la metodología de retro calculo*

<b>CALCULO DIRECTO</b>		
E, Di, $\mu$	→	d, $\sigma$ , $\epsilon$
<b>RETROCALCULO</b>		
d, $\sigma$ , $\epsilon$	←	E, Di, $\mu$

Tomado de: Murillo (2013)

Donde:

E=Modulo elástico de los materiales

$\mu$ = Relación de Poison

d=Deflexión de la estructura del pavimento

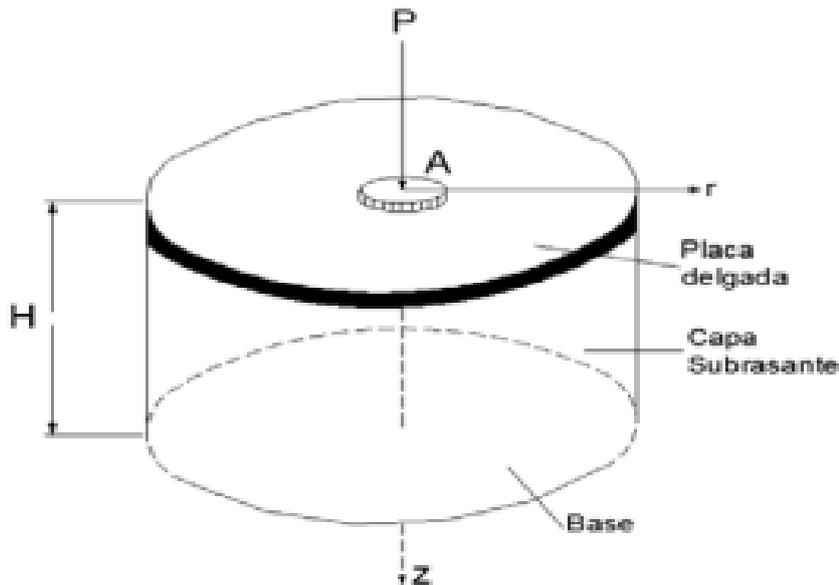
$\sigma$ =Tensión en cada capa de la estructura

D= Espesor de las capas

Existen pocas metodologías desarrolladas para las deflexiones bajo cargas estáticas. En 1975, Mario Hoffman presento una metodología basada en el Modelo de Hogg, está basado en las deflexiones obtenidas usando la Viga Benkelman.

- **Modelo de Hogg**

La solución matemática del modelo que es conocido por su nombre. Esto supone que las capas del pavimento están caracterizadas por una placa delgada con una cierta rigidez a la flexión. La subrasante está representada como un medio elástico, lineal, homogéneo e isotrópico



**Figura 4.** Esquema del Modelo de Hogg

El modelo, que es resumido

$$A = \sqrt{\frac{P/2}{\pi p}} \quad \rightarrow \quad R_s = R \frac{A^c - B}{\left[A\left(\frac{D_0}{D_R} - 1\right)\right]^c - B}$$

$$L_0 = \frac{YR_s + \sqrt{(YR_s)^2 - 4AXR_s}}{2} \quad \rightarrow \quad \frac{S_0}{S} = 1 - M\left(\frac{A}{L_0} - 0.1\right) \quad \rightarrow \quad E_0 = \left(\frac{K * I * P}{L_0 * D_0}\right) \frac{S_0}{S}$$

- **Modelo de carga**

La carga en el ensayo con la Viga Benkelman proviene del eje trasero simple con llanta doble de un camión. La carga del eje es del orden de los 18,000 libras y la presión de inflado es de 75 a 85 psi. En el modelo de carga se asume que la presión de inflado es igual a la presión de contacto, que la huella de contacto de cada llanta es circular y de radio "A" y, que hay una distancia de "3A" entre los centros de cada llanta, Por equilibrio se establece la siguiente relación:

$$A = \sqrt{\frac{P/2}{\pi p}}$$

Donde:

A: Radio de huella circular de contacto

P: Carga sobre una llanta

p: Presión de inflado

- **Determinación de R<sub>5</sub>**

El valor de R<sub>5</sub> es la distancia "R" del centro geométrico de la llanta doble en dirección longitudinal, en la cual se obtiene que la relación DR/D<sub>0</sub> = 0.5 en la curva de deflexiones. Para el modelo de HOGG se ha establecido que R<sub>5</sub> puede determinarse usando la siguiente ecuación:

$$R_5 = R \frac{A^C - B}{\left[A\left(\frac{D_0}{D_R} - 1\right)\right]^C - B}$$

Donde:

R: Distancia a la que se mide la deflexión D<sub>R</sub>

D<sub>0</sub>: Deflexión máxima

D<sub>R</sub>: Deflexión a la distancia R

A, B y C: Coeficientes de correlación se obtienen de la tabla siguiente

**Tabla 9.**  
*Coeficientes para el cálculo de R<sub>5</sub>*

H/Lo	μ	A	B	C
∞	Cualquier valor	3.115	0	0.584
10 DR/D <sub>0</sub> >0.7	0.5	2.46	0	0.592
10 DR/D <sub>0</sub> <0.7	0.5	371.1	2	0.219
10 DR/D <sub>0</sub> >0.426	0.4	2.629	0	0.548
10 DR/D <sub>0</sub> <0.426	0.4	2283.4	3	0.2004

Tomado de: Hoffman (1985)

- **Determinación de la longitud elástica (L<sub>0</sub>)**

La longitud elástica (L<sub>0</sub>) del pavimento puede calcularse usando la ecuación

$$L_0 = \frac{YR_s + \sqrt{(YR_s)^2 - 4AXR_s}}{2}$$

Donde:

R<sub>s</sub>: Calculado

A: Radio de la huella circular de carga

X, Y: Coeficiente de correlación se obtienen de la tabla.

μ: Relación de Poison

**Tabla 10.**

*Coeficientes para el cálculo de L<sub>0</sub>*

H/L <sub>0</sub>	μ	X	Y
10	0.5	0.183	0.62
10	0.4	0.192	0.602
∞	Cualquier valor	0.18	0.525

Tomado de: Hoffman (1985)

- **Determinación del módulo de elasticidad de la subrasante (E<sub>0</sub>)**

La determinación del módulo de elasticidad de la subrasante constituye un punto central de la metodología de evaluación. Para desarrollar soluciones numéricas programables en computadora, esta determinación se efectúa de la siguiente manera

Primero: consiste en establecer la relación teórica entre la rigidez para carga puntual y la rigidez para carga distribuida sobre un área, para un cociente dado del valor A/L<sub>0</sub>. La rigidez se define como el cociente entre la carga y la deflexión (S= P/D<sub>0</sub>).

La relación teórica se calcula por medio de:

$$\frac{S_0}{S} = 1 - M\left(\frac{A}{L_0} - 0.1\right)$$

Donde:

So: Rigidez para carga puntual

S: Rigidez para carga de área

M: Coeficiente numérico que adopta los siguientes valores:

Para  $H/L_0 = 10$  ;  $\mu = 0.5$  ;  $M = 0.52$

Para  $H/L_0 = 10$  ;  $\mu = 0.4$  ;  $M = 0.48$

Para  $H/L_0 = \infty$  ;  $\mu = \text{cualquier valor}$ ;  $M = 0.44$

Segundo: una vez determinado el valor de  $S_0/S$ , se calcula el módulo de elasticidad de la subrasante por medio de la siguiente ecuación

$$E_0 = \left(\frac{K * I * P}{L_0 * D_0}\right) \frac{S_0}{S}$$

Donde:

K: Coeficiente numérico que depende del coeficiente de Poisson de la subrasante y que adopta los siguientes valores:

Para  $\mu = 0.5$ ;  $K = 1.5$

Para  $\mu = 0.4$ ;  $K = 1.633$

I: Coeficiente numérico que adopta los siguientes valores:

Para  $H/L_0 = 10$ ;  $\mu = 0.4$ ;  $I = 0.1689$

Para  $H/L_0 = 10$ ;  $\mu = 0.5$ ;  $I = 0.1614$

Para  $H/L_0 = \infty$ ;  $\mu = \text{cualquier valor}$ ;  $I = 0.1925$

P: Carga total en la llanta doble

$L_0$ : Longitud elástica

$D_0$ : Deflexión máxima

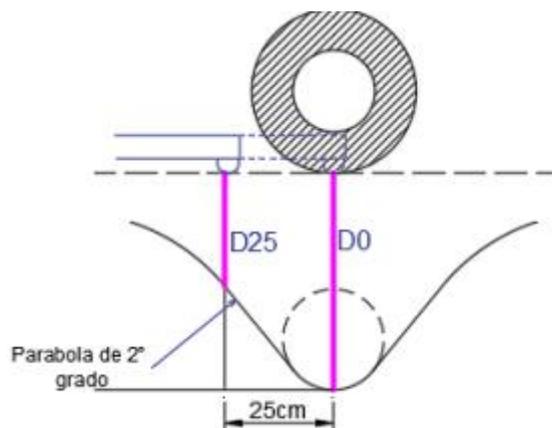
- **Metodología empírica Conrevial**

Se basa en el valor de la deflexión máxima y el tipo de curvatura que adopta la superficie cargada, siendo sus resultados confiables a medida que exista una base comparativa en una gran variedad de estructuras.

**Hipótesis del método.** Las deflexiones son el reflejo del comportamiento mecánico de la subrasante.

**Fundamento teórico de la metodología empírica Conrevial.** Los trabajos de evaluar estructuralmente los pavimentos, están referidos a determinar las características mecánicas de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento y su comportamiento integral con respecto a la sub-rasante.

La Viga de brazo doble y su método empírico, genera una deformada del tipo parábola. La figura 5 muestra la deformada y el círculo inscrito de radio de curvatura ( $R_c$ ).

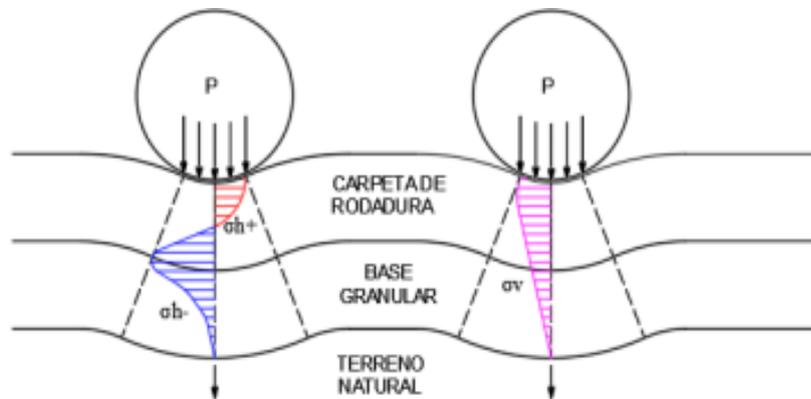


**Figura 5.** Radio de curvatura

La evaluación estructural de la subrasante está basada en el análisis de las curvas de deflexiones medidas, utilizando para ello modelos matemáticos y la teoría de la elasticidad. Se basa en que la deflexión máxima es un indicador de la capacidad de soporte del suelo de fundación. Además, la curvatura que adopta la subrasante, reflejada en el radio de curvatura o longitud de curva, es un indicador de la calidad y resistencia de la subrasante.

La llanta no solo genera esfuerzos verticales sino también esfuerzos horizontales. En una estructura típica de pavimento (carpeta asfáltica, base y sub base granular) los esfuerzos horizontales se disipan a través de la carpeta asfáltica,

pasando de un valor positivo en la superficie a uno negativo en su fibra interior. La figura siguiente muestra la distribución de esfuerzos horizontales ( $\sigma_h$ ) y verticales ( $\sigma_v$ ) de pavimentos típicos.



**Figura 6.** Distribución de esfuerzos en un pavimento flexible

Como se observa en la figura anterior, los esfuerzos son reducidos a nivel de base granular, la carpeta de rodadura contribuye en la función estructural cuando posee un espesor mayor de 3 pulgadas, en menores espesores solo contribuye como una capa protectora del pavimento la cual distribuye los esfuerzos a la base, sin disminuirlos.

### **Determinación del radio de curvatura**

El grado de curvatura de la línea elástica de deflexión es una característica de fundamental importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas de tránsito. El método para determinar el radio de curvatura, se basa en la hipótesis de que la línea de deflexiones de la distancia hasta el eje de la carga, se aproxima a una parábola hasta una distancia superior a 25 cm, sufriendo luego una inflexión para atender asintóticamente hacia la horizontal (Ver figura 13). La curvatura de la parábola queda entonces definida por su parámetro, el cual, en la zona de máxima curvatura, se confunde con el radio del arco oscular en dicho punto, es decir exactamente bajo el centro del eje de la rueda cargada. El radio de curvatura según la metodología francesa se expresa mediante la siguiente fórmula:

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

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

### Deflexión característica

La deflexión característica, es un parámetro estadístico, empleado para la caracterización representativa de los pavimentos. Para su determinación, es necesario contar con una base de datos de deflexiones recuperables máximas ( $D_0$ ), del tramo que se quiere evaluar y establecer los parámetros estadísticos de dichos datos.

Los estudios de deflexiones recuperables han demostrado que las deflexiones medidas en una sección del pavimento, presentan una distribución de frecuencias que se asemejan a una distribución normal. Por ende, a partir de las deflexiones individuales, asumiendo que se hallan distribuidas de acuerdo a la ley de Gauss se han determinado la deflexión promedio ( $D$ ), el desvío cuadrático medio o desviación estándar ( $\sigma$ ) y el coeficiente de variación CV, usando las siguientes expresiones; donde n es el número de determinaciones:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}}, \text{ para } n > 30$$
$$CV = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 10$$

Dado que la desviación estándar aumenta con un incremento de las deflexiones, y mayores deflexiones están asociadas a pavimentos más débiles en general son más variables, y que la deflexión de diseño, cuando se utiliza en algún método para el cálculo de refuerzo, debe basarse tanto en la deflexión media como en la dispersión. Para diseño se emplea la deflexión característica, valor que

representa mejor a una determinada sección; siguiendo el criterio adoptado normalmente en análisis estadístico, se establece como deflexión característica:

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

Donde:

$D_c$  : Deflexión característica

$\bar{D}$  : Deflexión promedio de los valores individuales  $D_0$  corregidos

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

$\sigma$  : Desviación estándar

Considerando que cada deflexión media representa una cierta extensión o área de pavimento, cada valor “t” corresponderá a un porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a las características correspondientes.

**Tabla 11.**

Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia de  $D > D_c$

VALOR DE DISEÑO	$D_c$	Área $D > D_c$ %
50	D	50
75	$D + 0.67\sigma$	25
85	$D + \sigma$	15
90	$D + 1.3\sigma$	10
95	$D + 1.645\sigma$	5
98	$D + 2\sigma$	2
99	$D + 2.33\sigma$	1

Tomado de: José Wilfredo L (2007)

En el caso del diseño de un refuerzo, el espesor deberá ser tal que solo una pequeña área resulte infradiseñada. La elección del valor “t” es una decisión técnico – económica que dependerá del número de determinaciones, del grado de confiabilidad, de la relación entre costos de mantenimiento y de rehabilitación, de la variabilidad de capacidad estructural o constructiva, del tráfico, ubicación e

importancia de la carretera, etc.

En el método CONREVIAl se adopta como deflexión característica aquella que corresponde al 95%, es decir la que es superada solo por el 5% de las determinaciones ( $D_p + 1.645\sigma$ )

### **Deflexión admisible**

La deflexión admisible, es un parámetro definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión característica, por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura, durante el periodo considerado. La expresión analítica que define este parámetro es:

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

Donde:

$D_c$  : Deflexión admisible (mm)

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

Los valores de  $N18$  resultan del estudio de tránsito, el cual integra los conteos de vehículos, el pesaje de los vehículos de mayor capacidad y hallar los factores equivalentes de carga y tasas de crecimiento anual de tránsito.

### **Deflexión crítica**

La deflexión crítica, es un parámetro definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión al término de su servicio, por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura, durante el periodo considerado. La expresión analítica que define este parámetro es:

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

Donde:

$D_{CR}$  : Deflexión crítica (mm)

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

### Valores de ejes equivalentes de carga – EAL

Para el cálculo del EAL se emplea la fórmula dada por el AASHTO:

$$EAL = \sum_{i=1}^n (IMD_o)_i (FECV)(G)(D)(L)(365)(N)$$

Donde:

$(IMD_o)_i$  : Número de vehículos inicial de tipo "i"

$N$  : Período de diseño o vida útil del pavimento.

$D$  : Factor direccional

$L$  : Factor de distribución del tránsito por carril.

$G$  : Factor de crecimiento.

$FECV$  : Factor de Ejes Equivalentes

### Factor de crecimiento

El factor de crecimiento del tráfico se calcula aplicando la siguiente fórmula

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

Dónde:

$r$  = Tasa de crecimiento anual (decimales.)

$n$  = Período de diseño (años).

## Análisis

Con los parámetros calculados se procede al siguiente análisis:

**Tabla 12.**

*Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y*

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c > 100$
Tipo IV	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$

Tomado de: Método CONREVIAL

**Tabla 13.**

*Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones*

TIPO	CUENCO 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

Tomado de: Método CONREVIAL

**Tabla 14.**

*Recomendaciones a tener en cuenta para el diseño de refuerzo*

DEFLECTOMETRIA	ESTADO VISUAL	ESTADO ESTRUCTURA	RECOMENDACIÓN
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son elevados o aceptables (en relación a la estructura). $D_c > D_a$ $+R_c$	No hay fallas de origen estructural.	Estructura infradiseñada, pero la capacidad portante de las capas decrece en profundidad. (No existe capa débil inmediatamente debajo capa asfáltica)	Examinar fecha y tipo de las últimas obras ejecutadas, para justificar estado del pavimento. <b>1° CASO</b>
	Hay fallas de origen estructural generalizadas.		Hay acuerdo entre todas las variables. a) Las deflexiones son empleadas para el cálculo de refuerzo. b) Para deflexiones muy fuertes analizar económicamente reconstrucción.
			Verificar refuerzo con métodos de diseño. <b>2° CASO</b>
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son pequeños (aún para deflexiones reducidas). $DC > D_a$ $-RC$		Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas (Relación entre módulos de elasticidad $< 1$ ).	Se trata de neutralizar el efecto de la capa que falla, ya sea por reconstrucción parcial, o refuerzo. No es conveniente emplear la deflexión ya que puede no ser representativa. <b>3° CASO</b>
La deflexión característica es inferior a la admisible. Los radios de curvatura son reducidos. $DC < D_a$ $-RC$	Hay fallas de origen estructural por fatiga (Fisuras tipo piel de cocodrilo).	Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas.	Analizar fecha de mediciones y tipo de estructura. Neutralizar el efecto de la capa débil (reconstrucción o refuerzo). De ninguna manera se pueden considerar las deflexiones para el proyecto; emplear métodos de diseño. <b>3° CASO</b>
La deflexión característica es inferior a la admisible. $DC < D_a$	Hay fallas de origen estructural: deformaciones permanentes de la fundación.	Estructura degradada no adecuada para la fundación.	Evaluar aporte estructural de la calzada existente (reconstrucción o refuerzo). La deflexión no es representativa. <b>4° CASO</b>
	No hay fallas de origen estructural	Estructura bien diseñada.	Corregir fallas de origen superficial, las soluciones dependerán de los defectos observados y sus causas. Mejora superficial. <b>5° CASO</b>

Tomado de: Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con Fines de Análisis y Diseño en el Perú

### 3.2.2. Definición operacional.

**Tabla 14**

*Definición operacional*

Variable	Dimensión	Indicador	Medición	Rango de variabilidad
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
La deflexión	Temperatura	Temperatura	Grados C°	15-30°C
		Humedad Relativa	Porcentaje	-----
	Sección estructural	Área Pavimento	m <sup>2</sup>	Diseño
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Capa de rodadura del pavimento flexible	Asfalto	Asfalto	m <sup>3</sup>	Diseño
	Agregados	Base, Sub base, Subrasante.	m <sup>3</sup>	Diseño

### 3.3. Tipo y nivel de investigación

#### 3.3.1. Tipo de investigación.

Según Hernández, Fernández, y Bautista:

La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar ...incluyendo la que tiene como justificación adelantos y productos tecnológicos y para las investigaciones de las que se derivan acciones...parte del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución. (2014, p. 42)

Es de tipo Aplicada cuantitativa porque se utilizó la teoría existente en este caso y la aplicamos en la realidad. Así también es de tipo cuantitativa porque se procesó la información, usando la estadística a partir de datos medibles.

### 3.3.2. Nivel de la investigación.

Según Hernández et al.:

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (2014, p. 95)

La Investigación es Explicativa; porque vamos a explicar las causas que originan el deterioro de la capa asfáltica en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura. Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos físicos o sociales

### 3.4. Diseño de la investigación

Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador (Fleiss, 2013; O'Brien, 2009 y Green, 2003, citado por Hernández, et al. (2014, p. 129)

El diseño para la presente investigación fue Experimental Factorial; este diseño, como estructura de investigación, es la combinación de dos o más diseños simples (o unifactoriales); es decir. El diseño factorial requiere manipulación simultanea de dos o más variables independiente (llamados factores), en un mismo experimento.



**Figura 7.** Esquema del experimento para la evaluación de las medidas de tendencia central

### 3.5. Población y muestra de estudio

#### 3.5.1. Población.

Para Hernández, et al. "Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra". (2014, p. 174)

La avenida, la población de las calles los Próceres y J. C. Tello y el área estudiada es de 5 cuadras.

#### 3.5.2. Muestra.

Para Hernández et al.:

En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis. (2014, p. 175)

Se divide la vía en "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$  • En la tabla 9 se presentan algunas relaciones longitud - ancho de calzada pavimentada.

**Tabla 15.**

*Longitudes de unidades de muestreo asfálticas*

<b>Ancho de calzada (m)</b>	<b>Longitud de unidad de muestreo (m)</b>
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

### 3.5.3. Unidades de muestreo.

Para la determinación del PCI (Pavement Condition Index) de un proyecto se deben considerar todas las unidades de muestreo. Pero debido a que su trabajo en campo requiere de tiempo y recursos no siempre es posible, Con este proceso se quiere tomar un número aleatorio y representativo de unidades de muestreo con una confiabilidad del 95%, esto quiere decir que el PCI puede tener una variación de  $\pm 5$  al que se obtendría tomando todas las unidades de muestreo que es el más exacto.

Número mínimo de unidades de muestreo:

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2}$$

Dónde:

**n:** Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

**N:** Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

**E:** Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

**$\sigma$ :** Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Para la desviación estándar se asume de PCI de 1 O tratándose de la primera inspección y en las siguientes se debe utilizar la desviación real tomada de la anterior inspección.

## 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.6.1. Técnicas de recolección de datos.

Según Hernández et al. “la técnica observación consiste en el registro sistemático, cálido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas” (2006, p. 196).

#### 3.6.1.1. Técnica: Observación directa

Técnica: la observación directa a través de instrumentos como de recolección de datos que se usará para evaluar y documentar todo el proceso.

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.**

Para Hernández et al. “método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías.” (2014, p. 252).

#### **3.6.2.1. Instrumento: Ficha de observación**

Es una técnica de evaluación que puede abarcar aspectos cuantitativos, su característica singular radica en que, para registrar la información necesaria, se tienen que registrar dependiendo de las circunstancias, si el entorno cambia, se tiene que registrar los cambios realizados.

Se utilizó la evaluación visual y toma de datos a través de fichas técnicas como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

La evaluación de la condición incluyó los siguientes aspectos equipos:

- Regla, y una cinta métrica para establecer las profundidades de lo ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

### **3.7. Métodos de análisis de datos**

En la investigación se procesarán los datos utilizando el software estadístico IBM SPSS STATISTICS V.25, y el Statgraphics para realizar el análisis del desarrollo y análisis descriptivo por cada uno de los indicadores; denominado resultados descriptivos. La significancia estadística para analizar diferencias de los tiempos antes y después con las pruebas estadísticas de las medidas de tendencia central, a un nivel de confianza del 95%; si es que los datos no provienen de una distribución normal y sean muestras relacionadas, que es una prueba no paramétrica para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto de sus medias (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 460).

### **3.8. Aspectos éticos**

El plan de tesis es de autoría propia, se han aceptado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas por lo que el plan es original. Los datos que se presentaron en los resultados fueron reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados, por lo que los resultados que se dieron a conocer en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada por lo que el plan realizado tiene una total responsabilidad en el marco de la ética personal.

En la ordenación del desarrollo de la tesis se cumplieron las funciones sobre las actividades empíricas del trabajo que fueron una triple función:

- a) Fijar una serie de criterios, de carácter científico-funcional, para el desarrollo de los tratamientos para su operatividad y eficacia a las actividades ejercidas en el ámbito cubierto por las normas establecidas.
- b) Se realizaron las orientaciones éticas para el ejercicio de los tratamientos y plasmarlas en los resultados previa constatación de las hipótesis

La tesis fue de autoría propia, aceptando las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas por lo que la redacción es original y con citas de los autores respectivos.

Los datos que se presentaron en los resultados son reales, no fueron falseados, ni duplicados, ni copiados, por lo que los resultados que se presentaron en la tesis, más bien han constituido, en aportes a la realidad investigada y comprobada empíricamente; por lo que el informe final es responsabilidad de los investigadores según el marco de la ética personal.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Resultados de los valores de la estadística descriptiva**

#### **4.1.1. Reporte de área en estudio.**

El área en estudio para la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021, está ligado al desempeño de la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello; ya que existen resultados que en otras obras han colapsado por una influencia de la deflexión en la capa de rodadura del pavimento flexible con respecto al tránsito de vehículos, su temperatura, la humedad relativa, el área del pavimento, en función del asfaltos y sus agregados que en valores posteriores generan adendas para aumentar los presupuestos ya establecidos.

#### **a) Ubicación geográfica del proyecto**

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de la región Lima en especial de las obras de la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima en el periodo del año 2021; del departamento de Lima.

Región: Lima

Departamento: Lima

Provincia: Huara

Distrito: Huara

Localidad: Huara



**Figura 7.** Ubicación de la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C Tello en Huara

### **b) Ubicación geográfica**

La provincia de Huaura se ubica aproximadamente a 140 km, al Norte de la ciudad de Lima. Limita por el Norte con la provincia de Barranca y el departamento de Ancash; por el Este con las provincias de Cajatambo y Oyón, y el departamento de Pasco; por el Sur con la provincia de Huaral; y por el Oeste con el Océano Pacífico; se sitúa geográficamente en las coordenadas 11°06'24" de latitud sur; y 77°36'18" de longitud oeste.

**c) Suelos de del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C Tello en Huara**

Según el procedimiento establecido en la Norma E.030, la existencia de tres (3) zonas sísmicas-geotécnicas correspondientes a suelos Tipo S1, S2 y S4, este último asociado a condiciones excepcionales. El Mapa de Zonificación Sísmica-Geotécnica para la ciudad de Huara se constituye como información primaria a ser utilizada por ingenieros civiles y arquitectos en el diseño y construcción de estructuras apropiadas para cada uno de los tipos de suelos identificados utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**Suelos tipo SP.** Compuestos por arenas mal gradadas de grano medio a fino, todos presentes a lo largo del litoral del área de estudio, desde el distrito de Carquín al Norte, hasta Punta Viuda al Sur. En el sector del A.H Fujimori (al Este de la ciudad de Huacho), el suelo presenta escaso contenido de limos; sin embargo, en el sector del A.H Agua Dulce (al Sureste de la ciudad de Huacho), el suelo contiene gravas con clastos pequeños.

**Suelos tipo GW.** Corresponden a gravas bien gradadas, con clastos medianos y presencia de bloques, además de arenas de grano grueso. Estos suelos se encuentran en el extremo norte del área de estudio, en la margen izquierda del río Huaura.

**Suelos tipo GM.** Corresponden a suelos gravosos, desde mal gradados a bien gradados con contenido limos. Sobre estos suelos se asienta la zona urbana de la ciudad de Huacho. Dentro de este grupo se incluyen a los suelos gravo-limosos con arena (GM con arena).

**Suelos tipo SM.** Corresponden a suelos areno-limosos, de grano medio a fino, los cuales se encuentran al Sur en los AA.HH. Manzanares y Atalaya. Estos suelos también están presentes al Este de la ciudad, distrito de Santa María

**Suelos tipo ML.** Corresponden a suelos limosos y a los suelos limosos con contenido de arena fina (ML arenoso). Estos suelos se encuentran en dirección Este, con respecto a la zona de estudio, en el distrito de Santa María y al Sur en la Universidad Nacional Faustino Sánchez Carrión (UNFSC).

#### **d) Relieve de Huara**

El territorio, debe entenderse como un sistema, un ente dinámico activo y decisivo del desarrollo social y económico de un país, una región o una comuna, esto debido a que el hombre desarrolla todas sus actividades productivas, sociales y culturales dentro de él, administrando y modificando el territorio en un espacio y tiempo definido, por lo tanto, el territorio no puede considerarse únicamente como el entorno físico donde se enmarca la vida humana, animal y vegetal y en donde solo están contenidos los recursos naturales, sino que debemos considerarlo como una unidad integral del medio natural, social y económico (Gómez, 1980: 299; Ovalles, et al 2008: 241-252; Gross, 1998:116-118; Peña-Cortés et al 2009:4-79).

Por lo tanto, la zonificación propuesta para la Comuna de Huara sugiere una zonificación física del territorio que permita identificar espacios que necesitan un tratamiento diferenciado, sin que éstas pierdan sus interrelaciones con el conjunto del paisaje, de los intereses de las comunidades indígenas, de las políticas comunales, regionales y de las actividades productivas y sociales que tienen como escenario el territorio de la comuna. Es necesario dejar claro, que la búsqueda de las particularidades territoriales no implica una estrategia de atomización de acciones destinado al manejo restrictivo de los recursos de la comuna o para el impulso de alguna actividad de desarrollo en particular, sino que constituye la herramienta que entregue los elementos metodológicos que ayuden en la búsqueda de solución a los nudos críticos en el uso sustentable del territorio y sus recursos naturales, teniendo como base el estudio de sus potencialidades y limitaciones, así como también las diversas opciones de uso y ocupación que este territorio pueda tener u ofrecer en el presente y futuro.

Los suelos de la Comuna se distribuyen sobre cuatro grandes unidades territoriales o áreas homogéneas: el Borde Costero, la Pampa correspondiente a la depresión intermedia, la Pre cordillera con sus montañas y valles de quebradas y la Cordillera de los Andes.

#### **e) Condiciones climáticas de Huaura**

En Huaura, los veranos son caliente, bochornosos, áridos y nublados y los inviernos son largos, frescos, secos, ventosos y mayormente despejados. Durante

el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 14 °C a 28 °C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 30 °C.

La temporada templada dura 3.0 meses, del 4 de enero al 4 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 26 °C. El día más caluroso del año es el 24 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 28 °C y una temperatura mínima promedio de 20 °C. El mes más caluroso del año es febrero, con una temperatura máxima promedio de 27 °C y mínima de 20 °C.

La temporada fresca dura 4.2 meses, del 10 de junio al 17 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El día más frío del año es el 15 de setiembre, con una temperatura mínima promedio de 14 °C y máxima promedio de 19 °C. El mes más frío del año es agosto, con una temperatura mínima promedio de 14 °C y máxima de 19 °C.

En Huaura, se determinó que el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año, la parte más despejada del año en Huaura comienza aproximadamente el 18 de abril; dura 6.1 meses y se termina aproximadamente el 21 de octubre. El 4 de agosto, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 73 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 27 % del tiempo.

Se estableció que la parte más nublada del año comienza aproximadamente el 21 de octubre; dura 5.9 meses y se termina aproximadamente el 18 de abril. El 20 de febrero, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 80 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 20 % del tiempo.

Con respecto a la precipitación en Huaura se estableció que la frecuencia de días mojados (aquellos con más de 1 milímetro de precipitación líquida o de un equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación. La frecuencia varía de 0 % a 3 %, y el valor promedio es 1 %. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 3 % el 7 de marzo.

La Lluvia en cantidad de lluvia en un intervalo de 31 días en Huaura no varía

considerablemente durante el año y permanece entre 1 milímetros de 1 milímetros.



**Figura 8.** Lluvia mensual promedio en Huaura

Con respecto a las horas de sol se estableció que, durante el transcurso del otoño en Huaura, la duración del día disminuye. Desde el comienzo al final de la estación, la duración del día disminuye 47 minutos, lo cual implica una disminución promedio al día de 31 segundos, y una disminución semanal de 3 minutos y 38 segundos.

Con respecto a la humedad se determinó basa el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda. La probabilidad de que un día dado sea bochornoso en Huaura disminuye muy rápidamente en el otoño, y disminuye de 87 % a 11 % en el transcurso de la estación. Como referencia, el 25 de febrero, el día más bochornoso del año, hay condiciones bochornosas el 88 % del tiempo, mientras que el 16 de octubre, el día menos bochornoso del año, hay condiciones bochornosas el 0 % del tiempo. El día más corto del otoño es 31 de mayo, con 11 horas y 31 minutos de luz del día y el día más largo es 1 de marzo, con 12 horas y 18 minutos de luz del día.

Respecto al viento se determinó que el vector de viento promedio por hora

del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en Huaura aumenta durante el otoño, y aumenta de 12.2 kilómetros por hora a 14.9 kilómetros por hora durante el transcurso de la estación. Como referencia, el 5 de agosto, el día más ventoso del año, la velocidad promedio diaria del viento es 16.4 kilómetros por hora, mientras que el 1 de marzo, el día más calmado del año, la velocidad promedio diaria del viento es 12.2 kilómetros por hora. La mínima velocidad diaria promedio del viento durante el otoño es 12.2 kilómetros por hora el 1 de marzo.

#### **f) Actividad agropecuaria de Huaura**

Los periodos de cultivo varían en todo el mundo, pero para fines de este informe, lo definimos con el periodo continuo más largo de temperaturas sin heladas ( $\geq 0$  °C) del año (el año calendario en el hemisferio norte o del 1 de julio al 30 de junio en el hemisferio sur).

Las temperaturas en Huaura son lo suficientemente cálidas todo el año por lo que no tiene sentido hablar del periodo de cultivo en estos términos. No obstante, la siguiente tabla se incluye como ilustración de la distribución de temperaturas durante el año.

Los productos más saltantes de la producción exportable son ajos, alcachofa, chirimoya, espárragos, fresa, frutilla, frejoles, lúcuma, maíz morado, melón, tangelo, maracuyá, palta fuerte, paprika, vid, cultivos agroindustriales como algodón tanguis, maíz amarillo duro, caña de azúcar, también es un potencial ganadero con ganado vacuno, cuyes, ganado caprino, se establece que también es una potencial avícola en pollos y gallinas ponedoras.

#### **g) Cultura Ambiental de Huaura**

Instrumento de Gestión Ambiental presenta las características básicas de los temas de desarrollo e inclusión social; con objetivos e indicadores claramente definidos, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente e integrando lo pedagógico y lo técnico para llegar al público objetivo y generar acciones que desarrollen conciencia.

Acciones ecos turísticos puntuales centrados en los humedales de El Paraíso, Medio Mundo y Lomas de Lachay; con algunas experiencias en puntas e islas guaneras; así como de canotaje en Sayán. En general, es una actividad económico ambiental poco trabajada, pero competencial en su articulación con histórico y gastronómico.

Conocimientos tradicionales ambientales afectados por la promoción de un consumismo y visión de corto plazo de la vida. Sin embargo, hay hechos como la cosecha tradicional del agua (paccho) que aún se conserva y genera un manejo sostenible del agua. A nivel pesquero. la formación de pescadores artes anales e industriales se da básica lente por transmisión de conocimientos desde la familia y/ comunidad local.

En cuanto al control integral de la contaminación en la provincia se reciben los efectos de los pasivos ambientales y la actividad minera, que impactan en el río Huaura, además de la propia contaminación minera agropecuaria y población con la limitación de no contar con suficientes con potencias para controlar/ sancionar los impactos negativos de la actividad minera.

A nivel del monitoreo de la calidad ambiental. en los últimos 1 años. de 13 indicadores de análisis de calidad del agua se disminuyó a 8. sin considerar metales como arsénico. mercurio y magnesio; teniéndose limitaciones de recursos económicos para implementar el programa de control/monitoreo de la calidad ambiental del agua.

La evaluación de impacto ambiental responde a los criterios de SEIA su ley y reglamento, básicamente consideran la identificación y análisis de los estudios e impactos ambientales y el Plan de Manejo Ambiental con sus programas de prevención mitigación. seguimiento y monitoreo, contingencias y manejo de residuos sólidos. así como el Programa de Participación Ciudadana. Como gobierno local su presencia es limitada en estos espacios (EIA / PAMA), existe estudios de Impacto Ambiental (sector minero / energético] pero el gobierno local no tiene mayor capacidad de fiscalizar su conducta ambiental en base a este EIA.

Se encontró que Huara tiene un manejo diferenciado de los residuos sólidos en quebradas cercanas a los poblados, habiéndose abandonado la práctica de

utilizar sus residuos como abono orgánico. En los distritos de la costa la disposición se hace en botaderos, siendo el más representativo el de Huara con un promedio d 50 Ton. diarias. A nivel rural generalmente se queman, aunque existen experiencias de incorporación y de reusó como el compost.

#### **h. Acceso y vías de comunicación de Huara**



**Figura 9.** Vías de acceso a Huara

En cuanto a la infraestructura vial en la provincia de Huaura, se pueden apreciar dos realidades diferentes; la zona costera que es unida por la Panamericana sur cuyas condiciones de calidad son óptimas y constituyen una de las fortalezas de la región a diferencia de los poblados alto andinos a los cuales los une a través de vías de comunicación no asfaltados o muy deteriorados, teniendo como consecuencia que no favorece a las actividades productivas y en menor medida a la actividad turística que entre sus principales exigencias para la puesta en valor de un determinado recurso está el contar con buenas carreteras que facilite la movilización de las personas.

El sistema vial provincial de Huaura, está compuesto por 966.85 Km. de extensión, de esta red vial, el 22.6% (218.11 Km.) corresponde a carreteras

nacionales, 137.34 Km (14.2%) a carreteras departamentales y 611.399 (63.2%) a caminos vecinales. Con respecto a la superficie de rodadura en la Red Vial Provincial de Huaura; 159.30 Km. se encuentra asfaltada, pero la mayor parte de ella corresponde a la red vial nacional (141.49 Km) y solamente 17.73 Km. a la red vecinal.

Respecto a las vías afirmadas, de los 68.56 Km., solo 15.89 Km. pertenecen a caminos vecinales. Las vías sin afirmar son de mayor extensión que las anteriores (334.3 Km.), correspondiendo la mayor longitud a los caminos vecinales (266.7 Km.). Sin embargo, el caso crítico lo muestran las trochas carrozables, pues de los 41.85 Km. de la red provincial, 32.17 Km. corresponden a caminos vecinales, que son los que justamente articulan a las poblaciones de Huaura entre sí y con sus principales mercados y servicios.

De los 661.399 Km de caminos vecinales en la provincia de Huaura, sólo 267.12 Km. se encuentran registradas. Respecto al estado de conservación de la red vecinal, 31.97 Km. Están intransitables; 15.13 Km. en muy mal estado; 231.95 en mal estado; 392.13 califican como de regular estado y solamente 66.33 Km. son considerados como de buen estado.

Eje vial local conformado por la ruta LM 554 que conecta a los centros poblados de Huaura, con su capital provincial y sus mercados regionales. La Municipalidad Provincial de Huaura mediante Ordenanza Municipal Provincial N° 047-2007 ha creado en su estructura orgánica el Instituto Vial Provincial, el cual está a cargo de la gestión vial de los caminos vecinales de la provincia y de la implementación del Plan vial Provincial Concertado.

## **h) Hidrogeología de Huaura**

### **• Aguas Subterráneas**

Se entiende por este término al conjunto aguas subterráneas y terrenos que la contienen, en la provincia se ubican en la llanura de huacho y la cuenca inter montañosa de Santa Rosa. Los límites impermeables del acuífero los constituyen rocas pre cuaternarias que afloran en las márgenes del valle del Huaura y cerca de la línea litoral. Estas rocas pertenecen a la formación Casma y al Batolito Costanero. En el área de la provincia los afloramientos de la formación Casma consisten en rocas volcánicas bien estratificadas, siendo en su mayor parte

derrames delgados de andesita marina, afanítica de grano fino, se intercalan con areniscas líticas en estratos delgados, en conjunto se estima un espesor de aproximadamente 300 m.

Se distribuye principalmente en la zona oeste de la provincia, en los cerros litorales como Punta Carquín, Centinela, el Colorado, Pacoyal y Miramar, al norte. Hacia el este, se extiende hacia ambos márgenes del valle del Huaura, hasta el cerro San Cristóbal y cerro Quispe donde se contacta con el Batolito Costanero, que es un complejo de diferentes rocas intrusivas cuya composición varía de gabro a granito potásico, que presenta en algunos sectores diques que lo cortan en diferentes direcciones.

Las rocas intrusivas predominan al este de la provincia y estrechan el valle limitándolo en sus posibilidades de almacenamiento subterráneo. El levantamiento geológico – geomorfológico ha determinado que la provincia presenta hasta seis (06) unidades hidrogeológicas: Afloramientos rocosos, depósitos aluviales, depósitos eólicos, depósitos marinos y fluviales.

En el área de estudio se han inventariado 566 pozos, de los cuales 489 son a tajo abierto, 60 tubulares y 17 mixtos. De acuerdo a su estado, en el valle se han registrado 376 pozos utilizados, 181 utilizables y 09 no utilizables.

Del total de pozos utilizados (funcionando), mayormente son de uso doméstico (317 pozos) seguido por el uso agrícola (36 pozos), 20 pecuarios y 03 industriales.

En el área de estudio se ha registrado 176 pozos equipados, de los cuales 45 tienen bombas turbina vertical, 121 centrifugas de succión y 10 funcionando manualmente tipo pistón. Del total de motores existentes (166), existen 45 pozos con motores diésel, 106 eléctricos y 11 gasolineras.

El volumen de agua explotado del acuífero mediante pozos fue de 10 052 063,56 m<sup>3</sup> que equivale a un caudal continuo de 0,32 m<sup>3</sup> /s. Este volumen fue mayormente explotado mediante pozos tubulares (7 267 017,80 m<sup>3</sup>) utilizados con fines domésticos (6 455 411,02 m<sup>3</sup>).

En el área de estudio se ha inventariado un total de 05 afloramientos de agua subterránea, utilizados en su mayoría para uso doméstico. El volumen total de agua

explotado a través de los manantiales asciende a 1 417 806,00 m<sup>3</sup>.

La red de control piezométrica, la red hidrogeoquímica, para el monitoreo del acuífero está conformada por 134 pozos.

La morfología de la napa es relativamente uniforme, observándose que el desplazamiento del flujo subterráneo mayormente es de Noreste a Suroeste. La profundidad de la Napa freática en el área de estudio fluctúa entre 0,64 m y 37,30 m. En el valle del río Huaura el Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA ha ejecutado cuatro (4) pruebas de bombeo cuyo resultado (parámetros hidráulicos) indica que el acuífero presenta buenas condiciones hidráulicas.

Los radios de influencia en el área investigada para bombeos de 6 a 24 horas/día fluctúan entre 58,00 m a 1 735,00 m, por lo que no existe problemas de interferencia de pozos.

La C.E. del valle (calidad del agua) está conformada por 135 pozos en los que se han realizado un total de 55 análisis físico-químicos.

La dureza en el área de estudio fluctúa entre de 0,28 a 1,49 mmhos/cm (aguas de mediana a alta mineralización), aunque en algunos sectores se ha encontrado valores puntuales de 2,65 y 4,47 mmhos/cm (alta mineralización).

- **Escorrentía Superficial**

En general la potabilidad de las aguas subterráneas en el área de estudio, varía de pasable a mala, aunque en algunos sectores las aguas son de calidad de mediocre a mala.

El río Huaura, recolector principal de la cuenca discurre en relación NE-SO hacia el distrito de Sayán y después deriva hacia el oeste para desembocar en el mar en el distrito de Caleta Carquín.

El río Huaura tiene su régimen permanente y su red hidrográfica puede considerarse en promedio, como medianamente ramificada y está constituida por 891 cursos de agua, de diferentes órdenes, correspondiéndole el quinto orden al régimen principal, su longitud aproximada es de 112 km en tramos de pendientes muy significativas para un aprovechamiento energético.

Sus afluentes principales son los ríos:

- El Río Oyón, que nace en los contrafuertes andinos, cerca del cerro Raura, el curso toma una dirección casi Norte-sur recibiendo pequeños aportes de agua por ambas márgenes, pasa por el distrito de Oyón recibiendo posteriormente el aporte de las quebradas Conocpata y Racracancho, toma luego, una dirección Nor-este sur-este, pasa por las localidades de Viroc y Churín, recibe el aporte del río Checras y de esta confluencia el curso toma el nombre de río Grande, en el que con dirección inicial Este-oeste y luego, nor-este sur-este, recibe pequeños aportes de agua por ambas márgenes en los que se encuentran la quebrada Cabrapata, luego pasa por el distrito de Sayán para unirse con el río Huananque y formar el río Huaura.
- El río Checras, que nace en las alturas de la laguna Pariacocha, con el nombre de quebrada Yanama, con dirección Sur-norte, recibe las aguas de las quebradas de Maraitamá y Pumahuain, varía su curso tomando dirección nor-este sur-este hasta la confluencia del río Oyón, recibiendo en su trayecto aportes de las quebradas Culpan y Quiruragra.
- El río Huananque, llamado también río Chico, nace en las alturas de la laguna Huagarhuarca, inicialmente con dirección Este-oeste, para luego, tomar el rumbo nor-este sur-oeste, recibiendo en su trayecto los aportes de agua de ambas márgenes, posteriormente y con dirección este-oeste, pasa cerca del distrito de Sayán y se une finalmente al río Grande, para dar origen al río Huaura.

## **4.2. Resultados de los valores para la estadística inferencial**

### **4.2.1. Resultado de la deflexión.**

Se tomaron 100 puntos de ensayo en la vía separados por 100 m entre ellos, las mediciones de las deflexiones en campo haciendo el uso de una viga Benkelman con una relación de brazos 1:4.

El factor de corrección por estacionalidad es de  $FCE = 1.1$ , debido a que los ensayos se realizaron en el mes de septiembre, siendo este un mes de estación regular en Huaura

**Tabla 15.**

Resultado de la deflexión con la relación de brazos 1:4

Lecturas (x10 <sup>-2</sup> mm.)					
L <sub>inicial</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>final</sub>
0	2	4	7	10	11

Deflexiones (x10 <sup>-2</sup> mm.)					
D <sub>inicial</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>final</sub>
(11-0)x4=44	(11-2)x4=36	(11-4)x4=28	(11-7)x4=16	(11-10)x4=4	(11-11)x4=0

Deflexiones corregidas (x10 <sup>-2</sup> mm.)					
FCT=1/((1+8*10 <sup>4</sup> *(17.6°-20°)*5cm)+1)= 1.009693053			FCE=1.1		
D <sub>inicial</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>final</sub>
44x1.01x1.1=49	36x1.01x1.1=40	28x1.01x1.1=31	16x1.01x1.1=18	4x1.01x1.1=4	0x1.01x1.1=0

Radio de Curvatura	
Rc=(10x25 <sup>2</sup> )/(2x(49-40))=347	

La interpretación de estos resultados se resume de los datos necesarios para la evaluación del pavimento; así como para la elaboración del deflectograma correspondiente en la tabla siguiente en la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura.

**Tabla 16.**

Resumen de cálculo de Deflexiones y Radio de curvatura de cada prueba en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad de Huara, 100 puntos de ensayo en la vía, separados 100m entre ellos.

Prueba Numero	Progresiva		Deflexiones						Radio de curvatura
	m + cm	Sentido	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>f</sub>	
1	20 + 000	lda	45	40	31	18	4	0	344
2	20 + 100	lda	45	31	22	18	9	0	170
3	20 + 200	lda	45	36	31	27	22	0	768
4	20 + 300	lda	42	31	25	15	8	0	342
5	20 + 400	lda	46	32	24	22	8	0	238
6	20 + 500	lda	52	45	42	36	16	0	320
7	20 + 600	lda	50	50	42	38	32	0	328
8	20 + 700	lda	46	52	50	48	28	0	328
9	20 + 800	lda	45	48	44	32	20	0	328
10	20 + 900	lda	55	42	38	28	30	0	328
11	21 + 000	lda	52	40	36	22	4	0	680
12	21 + 100	lda	46	38	32	21	12	0	680
13	21 + 200	lda	48	34	28	30	21	0	316
14	21 + 300	lda	45	32	26	22	18	0	640
15	21 + 400	lda	45	28	30	17	16	0	620
16	21 + 500	lda	44	22	28	18	12	0	160
17	21 + 600	lda	45	18	20	13	12	0	160
18	21 + 700	lda	48	22	25	8	13	0	220
19	21 + 800	lda	46	30	21	17	8	0	160
20	21 + 900	lda	50	32	22	16	8	0	180

21	22 + 000	lda	49	28	18	13	8	0	184
22	22+ 100	lda	49	26	21	20	13	0	184
23	22 + 200	lda	46	32	25	18	17	0	240
24	22+ 300	lda	39	24	21	16	13	0	320
25	22 + 400	lda	45	38	18	17	10	0	370
26	22 + 500	lda	44	28	20	12	4	0	370
27	22 + 600	lda	42	29	18	17	8	0	160
28	22 + 700	lda	39	25	21	18	7	0	220
29	22 + 800	lda	40	22	16	20	4	0	220
30	22+ 900	lda	40	30	20	18	17	0	240
31	23 + 000	lda	44	20	16	12	8	0	184
32	23+ 100	lda	48	32	17	18	8	0	149
33	23 + 200	lda	46	20	18	17	13	0	168
34	23+ 300	lda	40	21	17	20	8	0	340
35	23 + 400	lda	38	22	16	17	8	0	240
36	23+ 500	lda	42	20	18	18	8	0	184
37	23 + 600	lda	48	24	13	17	8	0	190
38	23 + 700	lda	48	36	22	17	4	0	90
39	23+ 800	lda	75	32	38	25	13	0	92
40	23+ 900	lda	52	18	20	17	8	0	92
41	24 + 000	lda	65	38	20	13	13	0	92
42	24+ 100	lda	62	32	26	18	13	0	95
43	24 + 200	lda	75	36	29	17	8	0	220
44	24+ 300	lda	44	32	26	14	8	0	74
45	24+ 400	lda	48	28	22	17	8	0	390
46	24+ 500	lda	44	30	22	13	4	0	185
47	24 + 600	lda	48	22	28	13	4	0	320
48	24 + 700	lda	50	42	34	25	13	0	260
49	24+ 800	lda	46	32	22	17	4	0	780
50	24+ 900	lda	48	33	25	13	4	0	391
51	25+000	lda	42	20	18	13	4	0	184
52	24+950	Retorno	42	26	21	18	8	0	240
53	24+850	Retorno	42	21	20	17	13	0	240
54	24+750	Retorno	38	20	17	13	8	0	260
55	24+650	Retorno	38	22	18	17	8	0	260
56	24+550	Retorno	46	32	25	17	13	0	320
57	24+450	Retorno	46	30	24	17	13	0	180
58	24+350	Retorno	46	22	18	13	8	0	220
59	24+250	Retorno	38	21	17	13	8	0	360
60	24+150	Retorno	52	44	26	22	13	0	320

61	24+050	Retorno	62	32	18	20	4	0	240
62	23+950	Retorno	45	21	17	13	4	0	125
63	23+850	Retorno	62	46	38	17	4	0	95
64	23+750	Retorno	52	42	26	17	8	0	84
65	23+650	Retorno	62	42	33	24	13	0	84
66	23+550	Retorno	46	32	26	25	13	0	95
67	23+450	Retorno	46	21	16	21	13	0	95
68	23+350	Retorno	46	33	25	13	4	0	320
69	23+250	Retorno	42	28	18	21	17	0	360
70	23+150	Retorno	46	26	22	17	13	0	320
71	23+050	Retorno	46	22	29	20	17	0	230
72	22+950	Retorno	46	32	25	17	13	0	240
73	22+850	Retorno	42	33	25	21	13	0	184
74	22+750	Retorno	46	22	25	17	4	0	320
75	22+650	Retorno	42	28	29	21	13	0	280
76	22+550	Retorno	46	20	26	25	13	0	390
77	22+450	Retorno	46	38	33	29	21	0	720
78	22+350	Retorno	48	36	28	22	13	0	724
79	22+250	Retorno	42	30	26	17	8	0	720
80	22+150	Retorno	38	32	24	17	13	0	781
81	22+050	Retorno	46	40	36	22	21	0	781
82	21+950	Retorno	42	32	30	25	13	0	320
83	21+850	Retorno	42	30	22	16	13	0	320
84	21+750	Retorno	47	32	22	21	13	0	620
85	21+850	Retorno	47	32	24	21	17	0	625
86	21+750	Retorno	47	30	28	26	13	0	391
87	21+650	Retorno	38	28	21	17	9	0	391
88	21+550	Retorno	34	22	18	13	9	0	240
89	21+450	Retorno	34	24	21	17	9	0	391
90	21+350	Retorno	34	22	17	13	9	0	390
91	21+250	Retorno	39	30	21	13	9	0	346
92	21+150	Retorno	44	28	26	22	13	0	240
93	21+050	Retorno	60	52	32	17	9	0	390
94	20+950	Retorno	60	48	32	17	9	0	240
95	20+850	Retorno	58	56	39	22	9	0	630
96	20+750	Retorno	58	48	35	13	4	0	240
97	20+650	Retorno	35	35	31	22	13	0	390
98	20+550	Retorno	31	22	24	18	13	0	240
99	20+450	Retorno	44	32	26	18	9	0	347
100	20+350	Retorno	40	22	18	22	13	0	347
101	20+250	Retorno	35	26	22	18	9	0	240

a) **Resultado de los parámetros de deflexión**

**Deflexión Promedio:** Usamos la ecuación

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

donde:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^{101} D_i}{101}$$

$$\bar{D} = 42.08 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**Deflexión Característica:** Usamos la ecuación

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

Donde:

$D_c$  : Deflexión característica

$\bar{D}$  : Deflexión promedio de los valores individuales  $D_0$  corregidos

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

$\sigma$  : Desviación estándar

Hallamos la Desviación estándar utilizando la ecuación

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

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

$$\sigma = 11.04 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Si:  $D = 42.08 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ,  $t=1.645$  y  $\sigma = 11.04 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ; entonces;

$$D_C = 42.08 \times 10^{-2} + 1.645 \times 11.04 \times 10^{-2}$$

$$D_C = 60.24 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**Deflexión admisible:** Usamos la ecuación

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

Donde:

$D_c$  : Deflexión admisible (mm)

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

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

$$D_a = \left(\frac{1.15}{4.62}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = 0.706 \text{ mm}$$

$$D_a = 71 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**Deflexión crítica:** Usamos la ecuación

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

Donde:

$D_{CR}$  : Deflexión crítica (mm)

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

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

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{4.62}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{CR} = 0.845 \text{ mm}$$

$$D_{CR} = 85 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**b) Evaluación de los parámetros de deflexión**

En la tabla 17 siguiente se analizó la condición de cada prueba tomada en la vía de estudio comparada con los datos propuestos por el método CONREVIAL

**Tabla 17.**  
*Evaluación de la Deflexión máxima y el Radio de curvatura*

Prueba Numero	Progresiva m + cm	Sentido	Deflexión Máxima x 10 <sup>2</sup> mm	Deflexión Admisible x 10 <sup>2</sup> mm	Condición subrasante	Radio de curvatura (m)	Radio de curvatura minimo (m)	Condición del pavimento
1	20 + 000	Ida	49	71	Bueno	347	100	Bueno
2	20 + 050	Retorno	35	71	Bueno	347	100	Bueno
3	20 + 100	Ida	49	71	Bueno	174	100	Bueno
4	20 + 150	Retorno	35	71	Bueno	347	100	Bueno
5	20 + 200	Ida	40	71	Bueno	781	100	Bueno
6	20 + 250	Retorno	40	71	Bueno	625	100	Bueno
7	20 + 300	Ida	40	71	Bueno	347	100	Bueno
8	20 + 350	Retorno	44	71	Bueno	240	100	Bueno
9	20 + 400	Ida	49	71	Bueno	240	100	Bueno
10	20 + 450	Retorno	44	71	Bueno	347	100	Bueno
11	20 + 500	Ida	62	71	Regular	347	100	Bueno
12	20 + 550	Retorno	61	71	Regular	240	100	Bueno
13	20 + 600	Ida	62	71	Regular	347	100	Bueno
14	20 + 650	Retorno	65	71	Regular	391	100	Bueno
15	20 + 700	Ida	67	71	Regular	347	100	Bueno
16	20 + 750	Retorno	61	71	Regular	240	100	Bueno
17	20 + 800	Ida	62	71	Regular	347	100	Bueno
18	20 + 850	Retorno	65	71	Regular	391	100	Bueno
19	20 + 900	Ida	62	71	Regular	347	100	Bueno
20	20 + 950	Retorno	44	71	Bueno	625	100	Bueno
21	21 + 000	Ida	47	71	Bueno	781	100	Bueno
22	21 + 050	Retorno	39	71	Bueno	347	100	Bueno
23	21 + 100	Ida	47	71	Bueno	781	100	Bueno
24	21 + 150	Retorno	34	71	Bueno	391	100	Bueno
25	21 + 200	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno

26	21 + 250	Retorno	34	71	Bueno	391	100	Bueno
27	21 + 300	Ida	47	71	Bueno	625	100	Bueno
28	21 + 350	Retorno	34	71	Bueno	391	100	Bueno
29	21 + 400	Ida	42	71	Bueno	391	100	Bueno
30	21 + 450	Retorno	39	71	Bueno	347	100	Bueno
31	21 + 500	Ida	47	71	Bueno	184	100	Bueno
32	21 + 550	Retorno	47	71	Bueno	391	100	Bueno
33	21 + 600	Ida	47	71	Bueno	184	100	Bueno
34	21 + 650	Retorno	47	71	Bueno	391	100	Bueno
35	21 + 700	Ida	42	71	Bueno	781	100	Bueno
36	21 + 750	Retorno	47	71	Bueno	184	100	Bueno
37	21 + 800	Ida	42	71	Bueno	391	100	Bueno
38	21 + 850	Retorno	51	71	Bueno	240	100	Bueno
39	21 + 900	Ida	42	71	Regular	781	100	Bueno
40	21 + 950	Retorno	47	71	Bueno	184	100	Bueno
41	22 + 000	Ida	46	71	Bueno	781	100	Bueno
42	22 + 050	Retorno	47	71	Bueno	184	100	Bueno
43	22 + 100	Ida	38	71	Bueno	781	100	Bueno
44	22 + 150	Retorno	46	71	Bueno	260	100	Bueno
45	22 + 200	Ida	42	71	Bueno	347	100	Bueno
46	22 + 250	Retorno	38	71	Bueno	347	100	Bueno
47	22 + 300	Ida	50	71	Bueno	391	100	Bueno
48	22 + 350	Retorno	50	71	Bueno	391	100	Bueno
49	22 + 400	Ida	46	71	Bueno	781	100	Bueno
50	22 + 450	Retorno	42	71	Bueno	391	100	Bueno

51	22 + 500	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno
52	22 + 550	Retorno	46	71	Bueno	184	100	Bueno
53	22 + 600	Ida	42	71	Bueno	347	100	Bueno
54	22 + 650	Retorno	38	71	Bueno	240	100	Bueno
55	22 + 700	Ida	46	71	Bueno	184	100	Bueno
56	22 + 750	Retorno	42	71	Bueno	240	100	Bueno
57	22 + 800	Ida	42	71	Bueno	347	100	Bueno
58	22 + 850	Retorno	46	71	Bueno	260	100	Bueno
59	22 + 900	Ida	46	71	Bueno	240	100	Bueno
60	22 + 950	Retorno	46	71	Bueno	184	100	Bueno
61	23 + 000	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno
62	23 + 050	Retorno	50	71	Bueno	149	100	Bueno
63	23 + 100	Ida	46	71	Bueno	240	100	Bueno
64	23 + 150	Retorno	46	71	Bueno	184	100	Bueno
65	23 + 200	Ida	42	71	Bueno	347	100	Bueno
66	23 + 250	Retorno	38	71	Bueno	347	100	Bueno
67	23 + 300	Ida	46	71	Bueno	240	100	Bueno
68	23 + 350	Retorno	42	71	Bueno	240	100	Bueno
69	23 + 400	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno
70	23 + 450	Retorno	46	71	Bueno	184	100	Bueno
71	23 + 500	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno
72	23 + 550	Retorno	50	71	Bueno	195	100	Malo
73	23 + 600	Ida	75	71	Bueno	95	100	Malo
74	23 + 650	Retorno	75	71	Malo	95	100	Malo
75	23 + 700	Ida	79	71	Malo	84	100	Malo

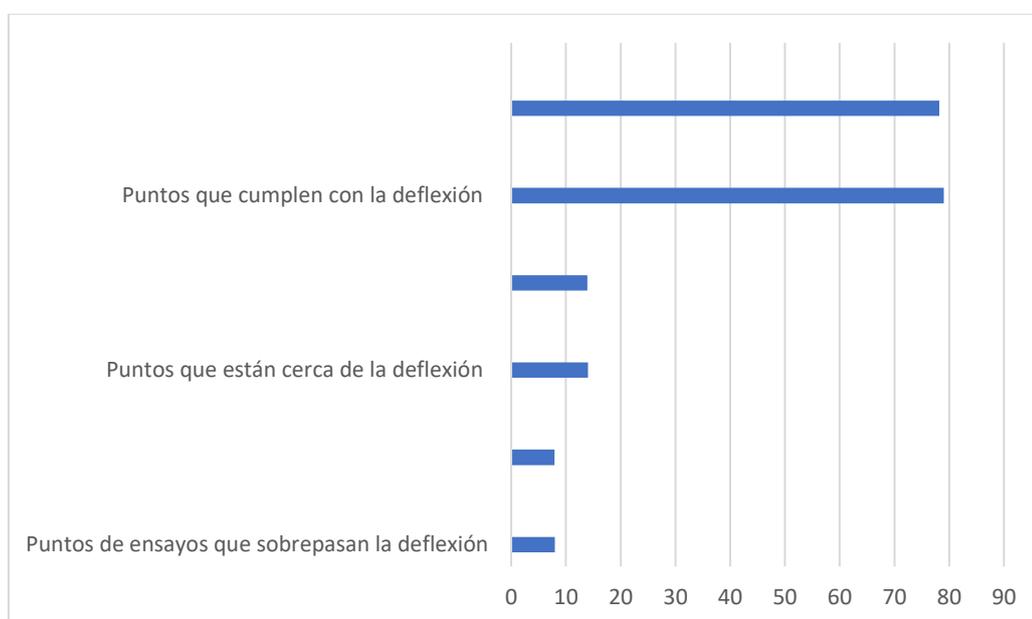
76	23 + 750	Retorno	80	71	Malo	92	100	Malo
77	23 + 800	Ida	83	71	Malo	84	100	Malo
78	23 + 850	Retorno	59	71	Malo	92	100	Malo
79	23 + 900	Ida	54	71	Regular	95	100	Malo
80	23 + 950	Retorno	75	71	Regular	95	100	Bueno
81	24 + 000	Ida	75	71	Malo	125	100	Bueno
82	24 + 050	Retorno	63	71	Malo	240	100	Bueno
83	24 + 100	Ida	63	71	Regular	240	100	Malo
84	24 + 150	Retorno	80	71	Regular	74	100	Bueno
85	24 + 200	Ida	38	71	Malo	347	100	Bueno
86	24 + 250	Retorno	46	71	Bueno	391	100	Bueno
87	24 + 300	Ida	46	71	Bueno	391	100	Bueno
88	24 + 350	Retorno	50	71	Bueno	195	100	Bueno
89	24 + 400	Ida	46	71	Bueno	240	100	Bueno
90	24 + 450	Retorno	46	71	Bueno	240	100	Bueno
91	24 + 500	Ida	46	71	Bueno	74	100	Bueno
92	24 + 550	Retorno	50	71	Bueno	347	100	Bueno
93	24 + 600	Ida	38	71	Bueno	391	100	Bueno
94	24 + 650	Retorno	50	71	Bueno	391	100	Bueno
95	24 + 700	Ida	33	71	Bueno	195	100	Bueno
96	24 + 750	Retorno	46	71	Bueno	240	100	Bueno
97	24 + 800	Ida	42	71	Bueno	391	100	Bueno
98	24 + 850	Retorno	50	71	Bueno	184	100	Bueno
99	24 + 900	Ida	42	71	Bueno	184	100	Bueno
100	24 + 950	Retorno	42	71	Bueno	240	100	Bueno
101	25 + 00	Ida	42	71	Bueno	240	100	Bueno

Se considera regular a las deflexiones menores que la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm), pero mayor a  $50 \times 10^{-2}$  m.m.

A partir de la tabla anterior se construyeron las tablas del resumen de las deflexiones máximas y radios de curvatura

**Tabla 18.**  
*Resumen de resultados de deflexiones máximas*

Puntos de ensayos que sobrepasan la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$ mm)		Puntos que están cerca de la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$ mm)		Puntos que cumplen con la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$ mm)	
Cantidad	Porcentaje (%)	Cantidad	Porcentaje (%)	Cantidad	Porcentaje (%)
8	7.9	14	13.9	79	78.2



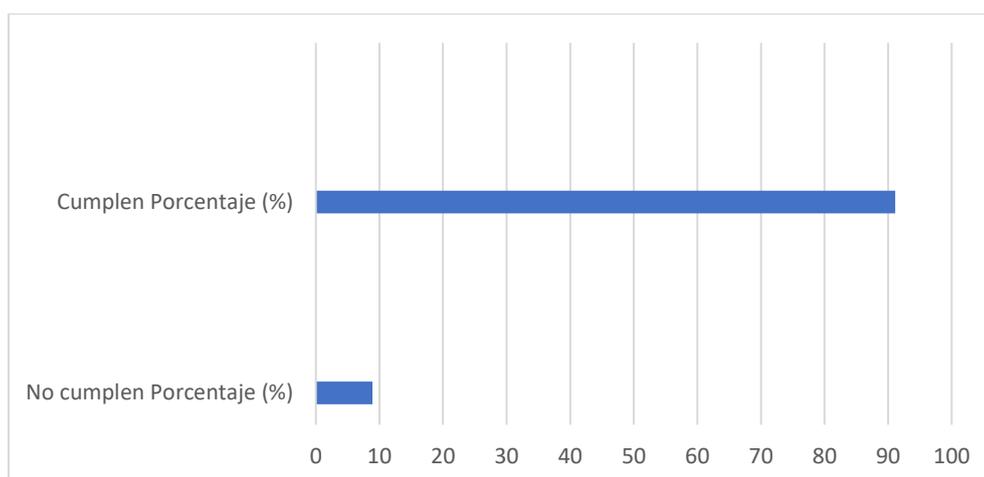
**Figura 10.** Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de subrasante malo, regular y bueno, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad de Huaura

La figura 10 muestra el porcentaje de unidades de prueba en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, que muestra un comportamiento de pavimento malo y bueno; estos datos se desarrollaron en base al radio de curvatura de cada punto ensayado comparada con el radio de curvatura mínimo (100 m). Los porcentajes obtenidos están unidades de prueba con un comportamiento malo es sólo el 8.9% y el porcentaje de pruebas con un comportamiento bueno es del 91.1%.

**Tabla 19.**  
*Resumen de resultados de radios de curvaturas*

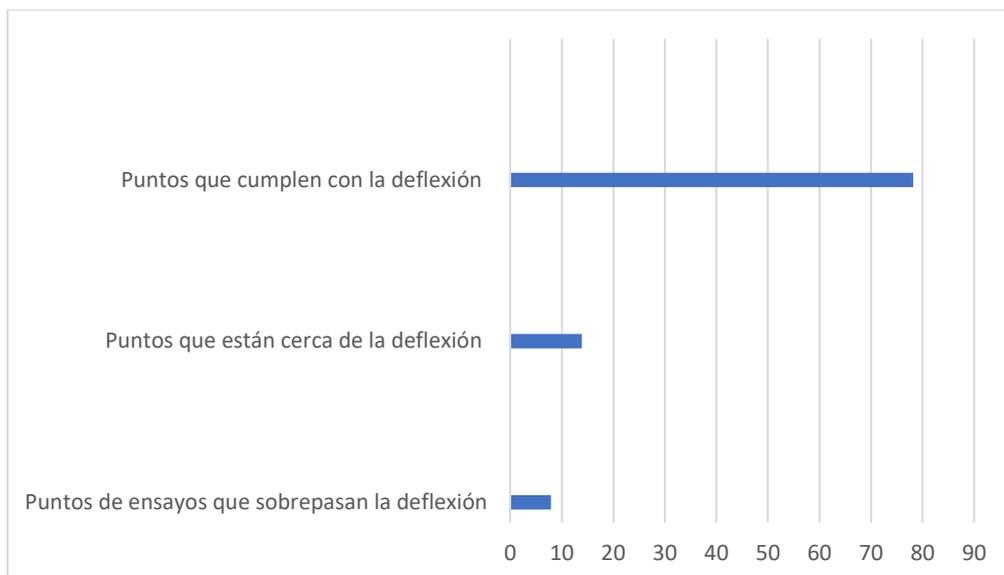
Puntos de ensayo que no cumplen con el radio de curvatura > 100 m		Puntos de ensayo que si cumplen con el radio de curvatura > 100 m	
Cantidad	Porcentaje (%)	Cantidad	Porcentaje (%)
9	8.9	92	91.1

De las tablas 18 y 190 anteriores observamos el comportamiento de la subrasante según las unidades de prueba del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, se indica los valores se calcularon en base a la deflexión máxima de cada punto determinado comparada con la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm). El porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento malo es del 7.9%, con un comportamiento regular es del 13.9% y con un comportamiento bueno es del 78.2%.



**Figura 11.** Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de pavimento malo y bueno, de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura

La figura 11 muestra el porcentaje de unidades de prueba de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura con un comportamiento de pavimento flexible y subrasante malo, regular y bueno; estos datos se dedujeron de los datos de la subrasante y pavimento en conjunto detallados en la tabla N° 19. Siendo un 78.2% de unidades de prueba con un comportamiento bueno, un 13.9% de unidades de prueba con un comportamiento regular y un 7.9% de unidades de prueba con un comportamiento malo.



**Figura 12.** Porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento de pavimento y subrasante en conjunto malo, regular y bueno, de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura

En la tabla 20 siguiente se construyó la comparación de los parámetros de evaluación del pavimento en estudio; en donde la deflexión característica es menor a la deflexión admisible y el radio de curvatura promedio si cumple con el Radio mínimo establecido por el método CONREVIAl.

**Tabla 20.**

*Comparación de los parámetros de evaluación del pavimento flexible de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura*

Valor de los Parámetros a Evaluar			
Deflexión	Radio de curvatura	Deflexión	Radio de curvatura
Característica (mm)	Promedio (m)	Admisible (mm)	mínimo (m)
$67 \times 10^{-2}$	329.38	$71 \times 10^{-2}$	100

Específicamente, de las pruebas realizadas tenemos que el conjunto pavimento- subrasante de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, tienen un comportamiento que varía de regular a malo y en el resto de pruebas se tiene un comportamiento bueno.

#### 4.2.2. Resultado de la Contrastación de la Hipótesis general

H<sub>1</sub>: La deflexión influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>0</sub>: La deflexión no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

##### a) Comparación de dos variables Deflexiones & Valor de rodamiento flexible

Muestra 1: Deflexiones

Muestra 2: Valor de rodamiento flexible

Selección de la Variable: Deflexiones

##### b) Resumen Estadístico de la Comparación de dos variables Deflexiones & Valor de rodamiento flexible

**Tabla 21.**

*Comparación de dos variables Deflexiones & Valor de rodamiento flexible*

	<i>Deflexiones</i>	<i>Valor de rodamiento flexible</i>
Recuento	101	101
Promedio	11.0891	3.60396
Desviación Estándar	5.51924	2.61564
Coefficiente de Variación	49.7717%	72.5769%
Mínimo	4.0	1.0
Máximo	32.0	12.0
Rango	28.0	11.0
Sesgo Estandarizado	5.21143	5.45728
Curtosis Estandarizada	5.4702	3.6165

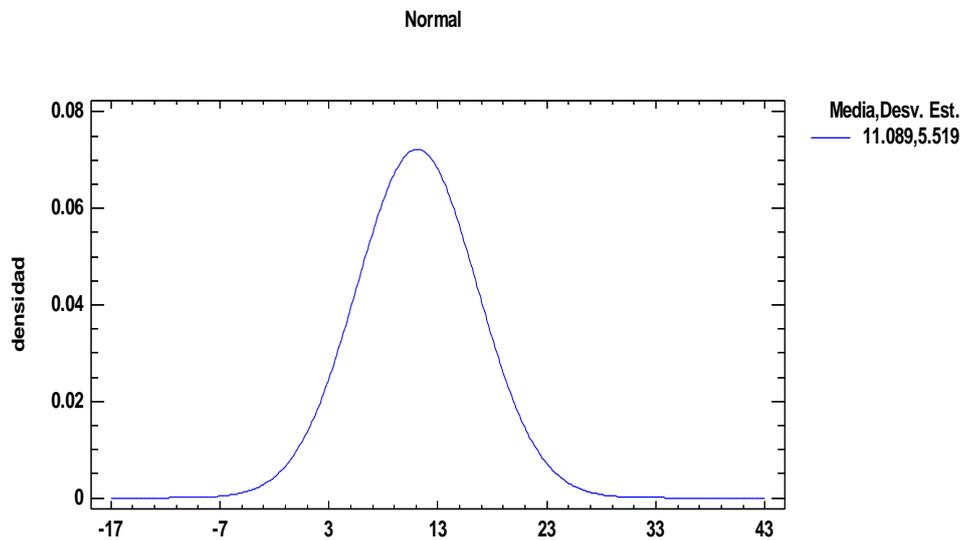
Se construyó la tabla 21 que contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de

distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Ambas muestras tienen valores de curtosis estandarizada del rango normal.

**c) Distribuciones de Probabilidad**

- Distribución: Normal

<i>Parámetros:</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>
Dist. 1	11.089	5.519



**Figura 13.** Distribución normal de los datos para la Contrastación de la hipótesis general

**d) Comparación de Medias**

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Deflexiones: 11.0891 +/- 1.08957 [9.99954; 12.1787]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Valor de rodamiento flexible: 3.60396 +/- 0.516362 [3.0876; 4.12032]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 7.48515 +/- 1.19839 [6.28676; 8.68354]

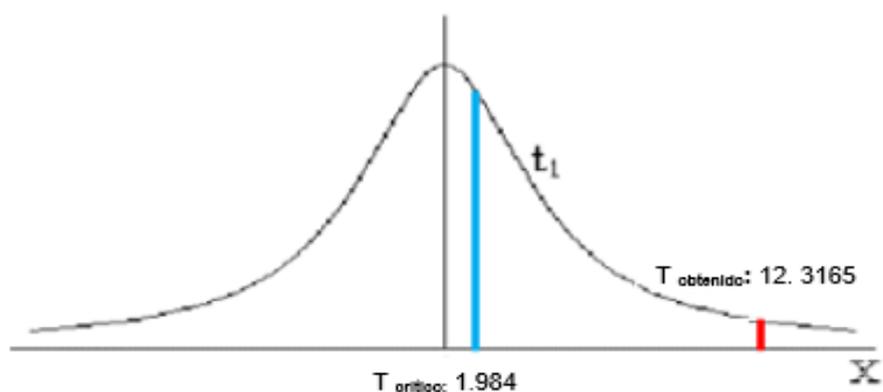
**e) Prueba t para comparar medias**

Hipótesis nula:  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alternativa:  $\mu_1 \neq \mu_2$

Suponiendo varianzas iguales:  $t = 12.3165$  valor-P = 0

**Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .**



Considerando que  $|t_{\text{obtenido}}| = |12.3165| > |t_{\text{crítico}}| = 1.984$ .

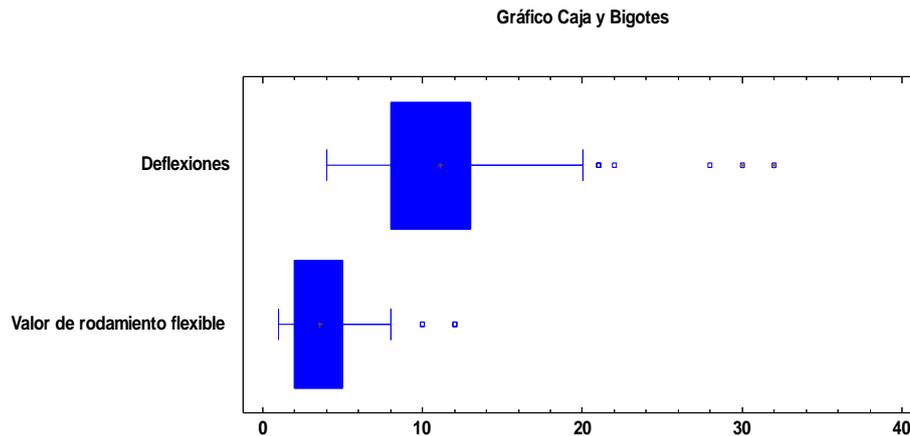
Se rechaza la hipótesis nula.

Finalmente, se acepta:

**H<sub>1</sub>:** La deflexión influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Se realizó la prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 6.28676 hasta 8.68354. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

En forma complementaria para la Contrastación de la hipótesis general observar los gráficos de caja y bigotes que afirman que la hipótesis general es válida que se indican seguidamente



**Figura 14.** Gráfica la caja y bigotes en la Comparación de las variables - Deflexiones & Valor de rodamiento flexible

### 4.2.3. Resultado de la Contrastación de las hipótesis específicas.

#### 4.2.3.1. Contrastación de la primera hipótesis específica.

H<sub>1</sub>: La temperatura influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>0</sub>: La temperatura no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

#### a) Comparación de Dos variables Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible

Muestra 1: Temperatura (°C)

Muestra 2: Valor de rodamiento flexible

Selección de la Variable: Temperatura (°C)

#### b) Resumen Estadístico de la Comparación de Dos variables Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible

**Tabla 22.**

*Resumen Estadístico de la Comparación de Dos variables Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible*

	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Valor de rodamiento flexible</i>
Recuento	101	101
Promedio	18.1782	3.60396
Desviación Estándar	2.34263	2.61564
Coeficiente de Variación	12.887%	72.5769%
Mínimo	14.0	1.0
Máximo	21.0	12.0
Rango	7.0	11.0
Sesgo Estandarizado	-4.3953	5.45728
Curtosis Estandarizada	-1.07958	3.6165

Se construyó el resumen estadístico para las dos muestras de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Valor de rodamiento flexible tiene una curtosis estandarizada en rango normal.

### **c) Comparación de Medias**

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Temperatura (°C):  
18.1782 +/- 0.462466 [17.7158; 18.6407]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Valor de rodamiento flexible: 3.60396 +/- 0.516362 [3.0876; 4.12032]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

Suponiendo varianzas iguales: 14.5743 +/- 0.688965 [13.8853; 15.2632]

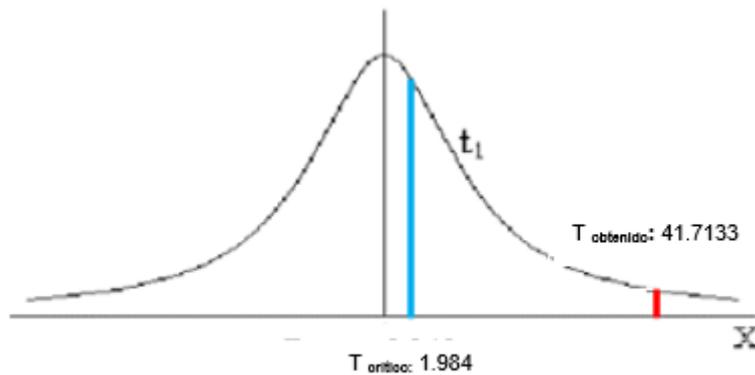
**d) Prueba t para comparar medias**

Hipótesis nula:  $\text{media1} = \text{media2}$

Hipótesis Alternativa:  $\text{media1} \neq \text{media2}$

Suponiendo varianzas iguales:  $t = 41.7133$  valor-P = 0

**Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .**



Considerando que  $|t \text{ obtenido} = |41.7133| > |t \text{ crítico} = 1.984|$ .

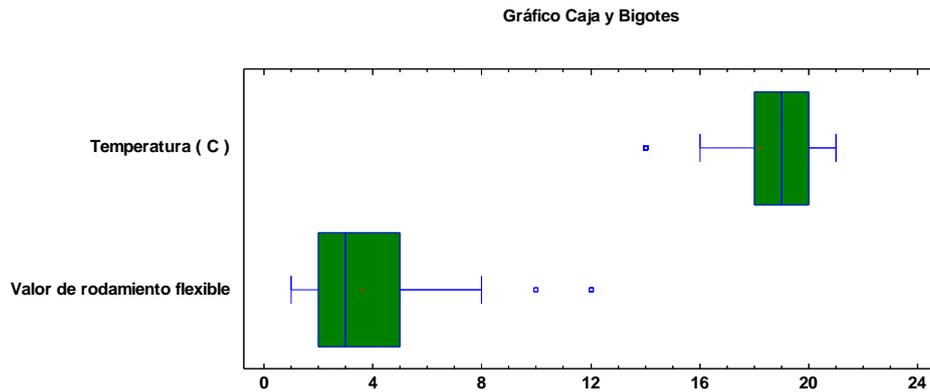
Se rechaza la hipótesis nula.

Finalmente, se acepta:

**H<sub>1</sub>:** La temperatura influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Se determinó la prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 13.8853 hasta 15.2632. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

En forma complementaria para la Contrastación de la primera hipótesis específica observar los gráficos de caja y bigotes que afirman que la hipótesis general es válida que se indican seguidamente.



**Figura 15.** Gráfica de caja y bigotes en la Comparación de las variables - Temperatura (°C) & Valor de rodamiento flexible

#### **4.2.3.2. Contrastación de la segunda hipótesis específica.**

H<sub>2</sub>: La sección estructural influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

H<sub>0</sub>: La sección estructural no influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

#### **a) Comparación de Dos variables – Rodadura (Coeficiente de Poisson) & Sección estructural /cm**

Muestra 1: Rodadura (Coeficiente de Poisson)

Muestra 2: Sección estructural /cm

Selección de la Variable: Sección estructural /cm

Muestra 1: 50 valores en el rango de 0.3 a 0.36

Muestra 2: 50 valores en el rango de 0.16 a 0.18

**b) Resumen Estadístico de la Comparación de Dos variables – Rodadura (Coeficiente de Poison) & Sección estructural /cm**

**Tabla 23.**

*Comparación de Dos variables – Rodadura (Coeficiente de Poison) & Sección estructural /cm*

	<i>Rodadura (Coeficiente de Poison)</i>	<i>Sección estructural /cm</i>
Recuento	50	50
Promedio	0.3386	0.1684
Desviación Estándar	0.0162895	0.00765586
Coeficiente de Variación	4.81083%	4.54624%
Mínimo	0.3	0.16
Máximo	0.36	0.18
Rango	0.06	0.02
Sesgo Estandarizado	-2.89996	0.819248
Curtosis Estandarizada	-0.289534	-1.76003

Se construyó el resumen estadístico para las dos muestras de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, Rodadura (coeficiente de Poison) tiene un valor de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

**c) Comparación de Medias**

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Rodadura (Coeficiente de Poison): 0.3386 +/- 0.00462943 [0.333971; 0.343229]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Sección estructural /cm: 0.1684 +/- 0.00217578 [0.166224; 0.170576]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

Suponiendo varianzas iguales: 0.1702 +/- 0.00505132[0.165149; 0.175251]

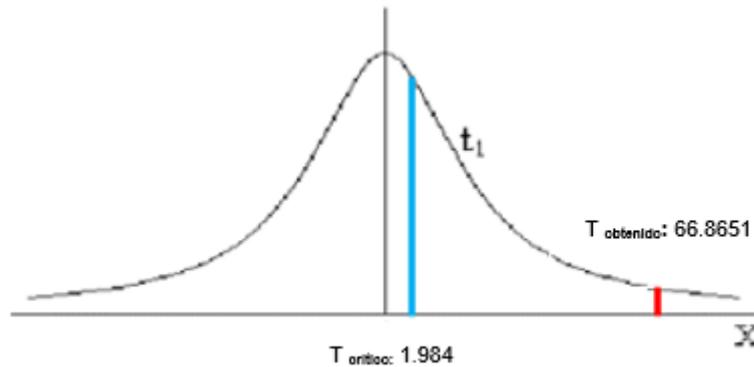
**d) Prueba t para comparar medias**

Hipótesis nula:  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alternativa:  $\mu_1 \neq \mu_2$

Suponiendo varianzas iguales:  $t = 66.8651$  valor-P = 0

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .



Considerando que  $|t_{obtenido}| = |66.8651| > |t_{crítico}| = 1.984$ .

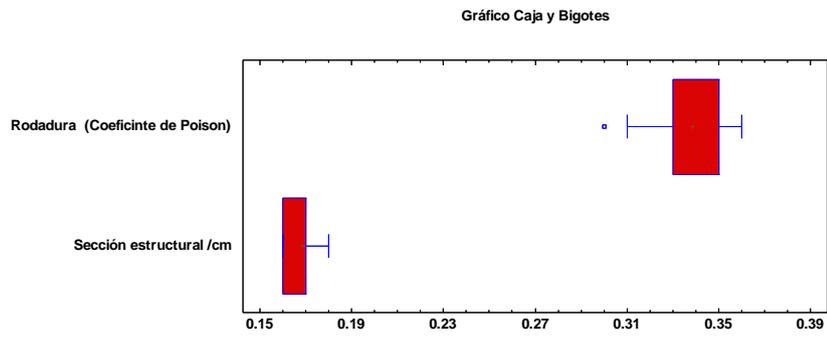
Se rechaza la hipótesis nula.

Finalmente, se acepta:

H<sub>2</sub>: La sección estructural influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.

Se ejecutó la prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 0.165149 hasta 0.175251. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

En forma complementaria para la Contrastación de la segunda hipótesis específica observar los gráficos de caja y bigotes que afirman que la hipótesis general es válida que se indican seguidamente:



**Figura 16.** Gráfica la caja y bigotes en la Comparación de las variables – Rodadura (Coeficiente de Poisson) & Sección estructural/cm.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Discusión de los resultados de los valores para la estadística descriptiva**

Uno de los aspectos más importantes de la aún inconclusa descentralización ha sido el establecer la construcción concertada de Planes de Desarrollo de Huaura orienta las decisiones de inversión del gobierno local, desde esa perspectiva se ha llevado a cabo, a lo largo del estudio de la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los próceres y j. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento lima - año 202; se cumplen con los datos establecidos por Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Huaura del periodo 2009 – 2021.

### **5.2. Discusión de los resultados de los valores para la estadística inferencial**

#### **5.2.1. Discusión de los Resultado de la deflexión.**

##### **5.2.1.1. *Discusión del Comportamiento del pavimento.***

La figura 10 muestra el porcentaje de unidades de prueba en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, con un comportamiento de pavimento malo y bueno; estos datos se calcularon en base al radio de curvatura de cada punto ensayado comparada con el radio de curvatura mínimo (100 m). El porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento malo es sólo el 8.9% y el porcentaje de pruebas con un comportamiento bueno es del 91.1%. Según el Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos R.D. N°10 – 2014 – MTC/14.

##### **5.2.1.2. *Discusión del Comportamiento de la subrasante.***

De las tablas 18 y 19 se indica que el comportamiento de la subrasante según las unidades de prueba del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, los valores se calcularon en base a la deflexión máxima de cada punto determinado comparada con la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm). El porcentaje de unidades de prueba con un comportamiento malo es del 7.9%, con un comportamiento regular es del 13.9% y con un comportamiento bueno

es del 78.2%. Según el Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos R.D. N°10 – 2014 – MTC/14.

#### **5.2.1.3. *Discusión del Comportamiento del pavimento y subrasante en conjunto.***

La figura 11 muestra el porcentaje de unidades de prueba de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura con un comportamiento de pavimento flexible y subrasante malo, regular y bueno; estos datos se dedujeron de los datos de la subrasante y pavimento en conjunto detallados en la tabla N° 20. Siendo un 78.2% de unidades de prueba con un comportamiento bueno, un 13.9% de unidades de prueba con un comportamiento regular y un 7.9% de unidades de prueba con un comportamiento malo. Según el Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos R.D. N°10 – 2014 – MTC/14.

#### **5.2.1.4. *Discusión del Deflectograma.***

En la figura 12 muestra el deflectograma resultante de graficar las deflexiones máximas obtenidas en cada punto evaluado en campo, con ello podemos observar la variación de los distintos puntos, desde  $33 \times 10^{-2}$  mm, hasta  $83 \times 10^{-2}$  mm aproximadamente; siendo los puntos más elevados los que presentan menor capacidad estructural. Además, nos muestra la deflexión característica ( $67 \times 10^{-2}$  mm) de los puntos ensayados y la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm). Según el Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos R.D. N°10 – 2014 – MTC/14.

#### **5.2.1.5. *Discusión de la deflexión característica.***

La deflexión característica ( $67 \times 10^{-2}$  mm) es menor que la deflexión admisible calculada según el método CONREVIAl ( $71 \times 10^{-2}$  mm) y los radios de curvatura son aceptables en un 91.1% como se puede observar en la Figura 30, de acuerdo a un estado visual no hay fallas de origen estructural a lo largo de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura; por lo tanto, de acuerdo a la tabla 9. la estructura está bien diseñada y las necesidades de mantenimiento y reparación solo se basan en corregir fallas de origen superficial, las soluciones dependerán de los defectos observados y sus causas. Según el Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos R.D. N°10 – 2014 – MTC/14.

## VI. CONCLUSIONES

Al término de la tesis se ha combinado los cálculos de ingeniería civil con el comportamiento de las variables en la estadística y se presentan las conclusiones en función a sus objetivos:

Se demostró que la deflexión influye la deflexión sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, porque, en la prueba de  $t = 12.3165$ ,  $\text{valor-P} = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Se estableció que la temperatura influye la temperatura sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021; porque, en la prueba de  $t = 41.7133$ ,  $\text{valor-P} = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Se demostró que la sección estructural influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021; porque, en la prueba de  $t = 66.8651$ ,  $\text{valor-P} = 0$ , donde se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

El comportamiento estructural del pavimento flexible de las calles, los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, mediante las deflexiones característica ( $67 \times 10^{-2}$  mm) es menor que la deflexión admisible ( $71 \times 10^{-2}$  mm) y crítica ( $85 \times 10^{-2}$  mm).

En el pavimento flexible las deflexiones del pavimento de las calles, los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021, se encontró los valores - Deflexión admisible:  $71 \times 10^{-2}$  mm - Deflexión crítica:  $85 \times 10^{-2}$  mm - Deflexión característica:  $67 \times 10^{-2}$  m.m.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda un monitoreo periódico del comportamiento estructural y funcional de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, para evitar daños mayores que afectan a los usuarios.

Se recomienda hacer el estudio del CBR de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, para confrontar los resultados del presente estudio.

Se recomienda utilizar nuevos métodos para contrastar resultados con el Método CONREVIAL.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Argos (2013). Manual de Carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción. Edición, Setiembre 2015. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Albentosa, L.M. (1976). Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo. *Revista de Geografía* Depto. de Geografía Univ. Barcelona X, 1-2. pp. 140-157. Barcelona
- Aliaga (2003). Estudio geológico – geotécnico para la rehabilitación de la carretera corral quemado – rio nieva tramo 1
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, AASHTO, Washington, DC, USA, 2002.
- Carahuatay, R. (2015). Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel Pablo, tramo San Miguel Sunuden; mediante el análisis deflectométrico.; para optar al título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cruz, O. & Ocaña, F. (2019). Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD, Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Infraestructura Vial, en la Universidad Santo Tomas. Bogotá. Colombia.
- Cubas, R. (2017). Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la viga benkelman, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte. Cajamarca.
- DIMEC. (2011). Resistencia de Materiales Aplicadas. Apuntes. Universidad de Santiago de Chile. Recuperado de: [https://mecanica-usach.mine.nu/media/uploads/Apuntes\\_curso\\_RMA\\_clase\\_2\\_arreglando.pdf](https://mecanica-usach.mine.nu/media/uploads/Apuntes_curso_RMA_clase_2_arreglando.pdf)
- Estado de la Malla Vial - 2018 – II (IDU), <https://www.idu.gov.co/page/siipviales/innovacion/portafolio>

- Fonseca, M. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda Edición, Bogotá – Colombia.
- Gamboa, Karla (2009). Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura.
- Gómez (2014). Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau
- Gonzales (2015). Fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur, Cajamarca, 2015
- Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2006). Metodología de la Investigación (4° Edición). Mc. Graw-Hill.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). Metodología de la Investigación (6° Edición). Es: Mc. Graw-Hill.
- Herrera (2014). Estudio del pavimento de las vías del barrio Salacalle, perteneciente a la parroquia Saquisilí, Cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes.
- Herrera, O.; Daza, C.; Figueroa, A.; Fernández, W. & Reyes F. (2013). Análisis de la alteración del asfalto colombiano en inmersión en agua. ISSN 0123-2126, Vol. 17, N° 2, 2013, págs. 427-442
- Huamán (2011). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”
- IPCC (2007), Anexo II Glosario de Términos del Reporte de Síntesis del Cuarto Informe. Baede, A., (ed) Van der Linden, P., Verbruggen, A. (Co-ed). Recuperado de: [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=98&Itemid=343&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=98&Itemid=343&lang=es)
- Jaen, C. & Ticona, J. (2019). *Análisis deflectométrico por etapas y comparación con el tipo de material de cada capa estructural en la obra construcción y mejoramiento de la carretera Matarani-Punta de Bombón tramo km 2+000 al km 7+000*”, para optar al título de Ingeniero Civil; en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa.

- Medina, A. & De La Cruz, M. (2015). Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del Distrito de Lince aplicando el método del PCI, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima.
- Miranda (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos.
- Miro, J. R. (1994). Metodología para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo Cantabro. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Barcelona, marzo de 1994. Recuperado de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93934/03\\_miroRecasens\\_capitol2.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93934/03_miroRecasens_capitol2.pdf)
- Montes, I. & Palacios, J. (2013). La importancia de cumplir los niveles de servicio de la infraestructura carretera en México.
- MTC (2013), Manual de Carreteras – Especificaciones técnicas generales para construcción. Norma CE 010 Pavimentos Urbanos Organización Meteorológica Mundial. Recuperado de: [https://www.wmo.int/pages/summary/progs\\_struct\\_es.html](https://www.wmo.int/pages/summary/progs_struct_es.html)
- Paredes, J. (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, previo a la obtención del título de ingeniero Civil; en la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Pérez (2012). Análisis del índice de perfil en tramos carreteros y algunas recomendaciones para mejorarlo.
- Quadri, G. (2006). *Políticas Públicas. Sustentabilidad y medio ambiente*, en prensa, Miguel Ángel Porrúa, México, 2006, p.22
- Ramos, J. (2015). Influencia de la temperatura en la deflexión de firmes flexibles, tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [04 de setiembre del 2020].

- Regalado (2015), Efecto de la acción del agua y del envejecimiento en la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas.
- Roberto – Iris – Ingrid (2009). Evaluación de la incidencia de la temperatura en el desempeño de las carpetas asfálticas en caliente en El Salvador.
- Rodríguez (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de Castilla
- Salinas, E. (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, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, en la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Sencico. (2010). Norma CE.010 pavimentos urbanos. reglamento nacional de edificaciones. ministerio de vivienda. primera edición. Industrial Gráfica Apolo S.A.C.
- Sullca, E. (2016). Evaluación de la capacidad estructural y funcional del pavimento según la norma peruana de pavimentos, durante el proceso de construcción carretera Huancavelica - Lircay, periodo 2016, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil; en la Universidad Nacional de Huancavelica.
- Szasdi, F. (2015). Optimización del desempeño de pavimentos rígidos mediante la utilización de soporte lateral; previo a la obtención del título de ingeniero Civil; en la Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción. Guatemala.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
<p><b>Planteamiento del problema</b> <b>Problema general</b></p> <p>¿De qué manera la deflexión influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿De qué manera la temperatura influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?</p> <p>¿De qué manera la sección estructural influye sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Demostrar cómo influye la deflexión sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar cómo influye la temperatura sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p> <p>Determinar cómo influye la sección estructural sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>H1: La deflexión influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>H1: La temperatura influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p> <p>H2: La sección estructural influye significativamente sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura - Lima, 2021.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>La deflexión</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>Temperatura</p> <p>Sección estructural</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Capa de rodadura del pavimento flexible</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>Asfalto</p> <p>Base, Sub base, Subrasante.</p>	<p><b>Método</b></p> <p>El método es inductivo-deductivo</p> <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Aplicada - Cuantitativa</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Diseño Experimental-Factorial</p> <p><b>Población</b></p> <p>las calles los Próceres y J. C. Tello y el área estudiada es de 5 cuadras. <b>Muestra</b></p> <p>101 datos obtenidos del trabajo de campo sobre las deflexiones de las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura</p> <p><b>Técnicas e instrumentos</b></p> <p>Observación directa con ficha de observación</p> <p><b>Evaluación de las deflexiones</b></p>

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Medición	Rango de variabilidad
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
La deflexión	Temperatura	Temperatura	Grados C°	15-30°C
		Humedad Relativa	Porcentaje	-----
	Sección estructural	Área Pavimento	m <sup>2</sup>	Diseño
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Capa de rodadura del pavimento flexible	Asfalto	Asfalto	m <sup>3</sup>	Diseño
	Agregados	Base, Sub base, Subrasante.	m <sup>3</sup>	Diseño

### Anexo 3. Instrumentos

#### Ficha para deflexión

Lecturas ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
L. inicial	L. 25	L. 50	L. 75	L. 100	L. final

Deflexiones ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
D. inicial	D. 25	D. 50	D. 75	D. 100	D. final

Deflexiones corregidas ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
D. inicial	D. 25	D. 50	D. 75	D. 100	D. final

Radio de curvatura					

#### Cálculo de deflexiones y radio de curvatura

Resultados									
Prueba número	Progresiva		Deflexiones						Radio de curvatura
	m + cm	Sentido	D. 0	D. 25	D. 50	D. 75	D. 100	D. T	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

## Anexo 4. Validación de los instrumentos

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable **(X)** Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador.

**Mg. RAÚL GUALBERTO QUISPE TAYA**

DNI: **08086028**

Especialidad del validador:

**MAESTRO EN DOCENCIA UNIVERSITARIA**

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico

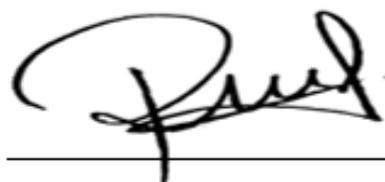
formulado:

<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

30 de agosto del 2022



---

**MG. RAUL GUALBERTO QUISPE TAYA**

**DNI 08086028**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable **(X)** Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador.

**DR. ANGEL NOÉ QUISPE TALLA**

DNI: 31677905

Especialidad del validador:

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico

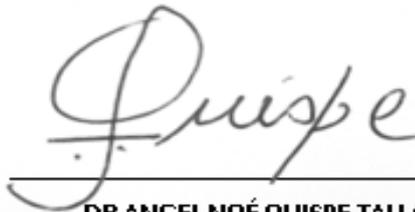
formulado:

<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

30 de agosto del 2022



---

**DR ANGEL NOÉ QUISPE TALLA**  
**DNI 31677905**

## Anexo 5. Matriz de datos

### Resultado de las deflexiones

Lecturas ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
L inicial	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>100</sub>	L final
0	2	4	7	10	11

Deflexiones ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
D inicial	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D final
(11-0)x4=44	(11-2)x4=36	(11-4)x4=28	(11-7)x4=16	(11-10)x4=4	(11-11)x4=0

Deflexiones corregidas ( $\times 10^{-2}$ mm.)					
$F_{CT} = 1 / ((1 + 8 \times 10^{-4}) \times (17.6^\circ - 20^\circ) \times 5 \text{ cm}) + 1 = 1.009693053$			$F_{CE} = 1.1$		
D inicial	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D final
44x1.01x1.1=49	36x1.01x1.1=40	28x1.01x1.1=31	16x1.01x1.1=18	4x1.01x1.1=4	0x1.01x1.1=0

Radio de Curvatura	
$R_c = (10 \times 25^2) / (2 \times (49 - 40)) = 347$	

### Cálculo de deflexiones y radio de curvatura

Prueba Numero	Progresiva		Deflexiones						Radio de curvatura
	m + cm	Sentido	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>f</sub>	
1	20 + 000	lda	45	40	31	18	4	0	344
2	20 + 100	lda	45	31	22	18	9	0	170
3	20 + 200	lda	45	36	31	27	22	0	768
4	20 + 300	lda	42	31	25	15	8	0	342
5	20 + 400	lda	46	32	24	22	8	0	238
6	20 + 500	lda	52	45	42	36	16	0	320
7	20 + 600	lda	50	50	42	38	32	0	328
8	20 + 700	lda	46	52	50	48	28	0	328
9	20 + 800	lda	45	48	44	32	20	0	328
10	20 + 900	lda	55	42	38	28	30	0	328
11	21 + 000	lda	52	40	36	22	4	0	680
12	21 + 100	lda	46	38	32	21	12	0	680
13	21 + 200	lda	48	34	28	30	21	0	316
14	21 + 300	lda	45	32	26	22	18	0	640
15	21 + 400	lda	45	28	30	17	16	0	620
16	21 + 500	lda	44	22	28	18	12	0	160
17	21 + 600	lda	45	18	20	13	12	0	160
18	21 + 700	lda	48	22	25	8	13	0	220
19	21 + 800	lda	46	30	21	17	8	0	160
20	21 + 900	lda	50	32	22	16	8	0	180

21	22 + 000	lda	49	28	18	13	8	0	184
22	22+ 100	lda	49	26	21	20	13	0	184
23	22 + 200	lda	46	32	25	18	17	0	240
24	22+ 300	lda	39	24	21	16	13	0	320
25	22 + 400	lda	45	38	18	17	10	0	370
26	22 + 500	lda	44	28	20	12	4	0	370
27	22 + 600	lda	42	29	18	17	8	0	160
28	22 + 700	lda	39	25	21	18	7	0	220
29	22 + 800	lda	40	22	16	20	4	0	220
30	22+ 900	lda	40	30	20	18	17	0	240
31	23 + 000	lda	44	20	16	12	8	0	184
32	23+ 100	lda	48	32	17	18	8	0	149
33	23 + 200	lda	46	20	18	17	13	0	168
34	23+ 300	lda	40	21	17	20	8	0	340
35	23 + 400	lda	38	22	16	17	8	0	240
36	23+ 500	lda	42	20	18	18	8	0	184
37	23 + 600	lda	48	24	13	17	8	0	190
38	23 + 700	lda	48	36	22	17	4	0	90
39	23+ 800	lda	75	32	38	25	13	0	92
40	23+ 900	lda	52	18	20	17	8	0	92

41	24 + 000	lda	65	38	20	13	13	0	92
42	24+ 100	lda	62	32	26	18	13	0	95
43	24 + 200	lda	75	36	29	17	8	0	220
44	24+ 300	lda	44	32	26	14	8	0	74
45	24+ 400	lda	48	28	22	17	8	0	390
46	24+ 500	lda	44	30	22	13	4	0	185
47	24 + 600	lda	48	22	28	13	4	0	320
48	24 + 700	lda	50	42	34	25	13	0	260
49	24+ 800	lda	46	32	22	17	4	0	780
50	24+ 900	lda	48	33	25	13	4	0	391
51	25+000	lda	42	20	18	13	4	0	184
52	24+950	Retorno	42	26	21	18	8	0	240
53	24+850	Retorno	42	21	20	17	13	0	240
54	24+750	Retorno	38	20	17	13	8	0	260
55	24+650	Retorno	38	22	18	17	8	0	260
56	24+550	Retorno	46	32	25	17	13	0	320
57	24+450	Retorno	46	30	24	17	13	0	180
58	24+350	Retorno	46	22	18	13	8	0	220
59	24+250	Retorno	38	21	17	13	8	0	360
60	24+150	Retorno	52	44	26	22	13	0	320

61	24+050	Retorno	62	32	18	20	4	0	240
62	23+950	Retorno	45	21	17	13	4	0	125
63	23+850	Retorno	62	46	38	17	4	0	95
64	23+750	Retorno	52	42	26	17	8	0	84
65	23+650	Retorno	62	42	33	24	13	0	84
66	23+550	Retorno	46	32	26	25	13	0	95
67	23+450	Retorno	46	21	16	21	13	0	95
68	23+350	Retorno	46	33	25	13	4	0	320
69	23+250	Retorno	42	28	18	21	17	0	360
70	23+150	Retorno	46	26	22	17	13	0	320
71	23+050	Retorno	46	22	29	20	17	0	230
72	22+950	Retorno	46	32	25	17	13	0	240
73	22+850	Retorno	42	33	25	21	13	0	184
74	22+750	Retorno	46	22	25	17	4	0	320
75	22+650	Retorno	42	28	29	21	13	0	280
76	22+550	Retorno	46	20	26	25	13	0	390
77	22+450	Retorno	46	38	33	29	21	0	720
78	22+350	Retorno	48	36	28	22	13	0	724
79	22+250	Retorno	42	30	26	17	8	0	720
80	22+150	Retorno	38	32	24	17	13	0	781
81	22+050	Retorno	46	40	36	22	21	0	781
82	21+950	Retorno	42	32	30	25	13	0	320
83	21+850	Retorno	42	30	22	16	13	0	320
84	21+750	Retorno	47	32	22	21	13	0	620
85	21+650	Retorno	47	32	24	21	17	0	625
86	21+550	Retorno	47	30	28	26	13	0	391
87	21+450	Retorno	38	28	21	17	9	0	391
88	21+350	Retorno	34	22	18	13	9	0	240
89	21+250	Retorno	34	24	21	17	9	0	391
90	21+150	Retorno	34	22	17	13	9	0	390
91	21+050	Retorno	39	30	21	13	9	0	346
92	20+950	Retorno	44	28	26	22	13	0	240
93	20+850	Retorno	60	52	32	17	9	0	390
94	20+750	Retorno	60	48	32	17	9	0	240
95	20+650	Retorno	58	56	39	22	9	0	630
96	20+550	Retorno	58	48	35	13	4	0	240
97	20+450	Retorno	35	35	31	22	13	0	390
98	20+350	Retorno	31	22	24	18	13	0	240
99	20+250	Retorno	44	32	26	18	9	0	347
100	20+150	Retorno	40	22	18	22	13	0	347
101	20+050	Retorno	35	26	22	18	9	0	240

## Anexo 6. Propuesta de valor

La Propuesta de Valor de la tesis es la declaración de intenciones con la que comunicamos breve y claramente para qué sirve lo que hacemos y por qué eso es importante en la evaluación de los sistemas de drenaje de las obras de la deflexión y su influencia sobre la capa de rodadura del pavimento flexible, en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima - año 2021; ya que permite el control de los Trabajos en el pavimento flexible para su evaluación así como su competencias en la operación y mantenimiento.

La propuesta de valor en la evaluación de la deflexión permite el control de los procedimientos en su diseño y trabajo de campo, donde se indica la propuesta de valor en el cuadro siguiente:

<b>Que se hizo</b>	<b>A quien se hizo</b>	<b>Como se hizo</b>	<b>Para que se hizo</b>
Evaluación de las obras de la pista flexible en referencia a su deflexión	A los sistemas de pistas flexible en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima - año 2021	Evaluando los sistemas de las deflexiones admisible, crítica, y característica	Para evaluar los procedimientos de eficiencias de operación y manteniendo de las obras pistas flexible en las calles los Próceres y J. C. Tello en la localidad Huaura, distrito Huaura, provincia de Huaura, departamento Lima - año 2021

## Anexo 7. Reporte antiplagio menor a 30%



## CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Compilatio informa de las tasas de similitudes recuperadas. No son tasas de plagio. La puntuación por sí sola no permite interpretar si las similitudes encontradas son plagadas o no. Consulte el informe de análisis detallado para interpretar el resultado.

Similitudes del documento :

23%

Similitudes de las partes 2 :

25%

### ANALIZADO EN LA CUENTA

Apellido :	Quispe Taya
Nombre :	Raul
E-mail :	quispetaya1957@gmail.com
Carpeta :	Carpeta predeterminada

### INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO

Autor(es) :	No disponible
Título :	Tesis de ingeniería_ballón_sedano.docx
Descripción :	No disponible
Analizado el :	19/08/2022 22:54
ID Documento :	v3cboe8h
Nombre del archivo :	Tesis de Ingeniería_BALLÓN_SEDANO.docx
Tipo de archivo :	docx
Número de palabras :	8 259
Número de caracteres :	52 468
Tamaño original del archivo (kB) :	6 485.8
Tipo de carga :	Entrega manual de los trabajos
Cargado el :	19/08/2022 22:26

### FUENTES ENCONTRADAS

Fuentes muy probables :	48 fuentes
Fuentes poco probables :	138 fuentes
Fuentes accidentales :	0 fuente
Fuentes descartadas :	33 fuentes

### SIMILITUDES ENCONTRADAS EN ESTE

#### DOCUMENTO/ESTA PARTE

Similitudes idénticas :	19%
Similitudes supuestas :	7%
Similitudes accidentales :	<1%

### TOP DE FUENTES PROBABLES - ENTRE LAS FUENTES PROBABLES

Fuentes	Similitud
1.  Documento: t3z6e2j8 - TESIS ESPINOZA GONZALES EDY.docx (Documento detectado en el análisis,	4%
2.  Fuente Compilatio.net v28jehm5	3%
3.  Fuente Compilatio.net m9tkiyzd	3%
4. <a href="#">1library.co/.../deflexión-caracte...-flexible.z1d7pxez</a>	3%
5. <a href="#">vsip.info/.../pavimento-flexible-10-pdf-free.html</a>	3%

## Anexo 8: Autorización del depósito de tesis al repositorio



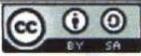
### Formulario de autorización de depósito de tesis en el Repositorio Digital de Tesis UPTESUP

Datos del Autor			
Nombre y Apellidos:	JESÚS MIGUEL SEDANO LOLI		
DNI:	75849406	Teléfono:	936342376
E-Mail:	SEDANO.XX12@gmail.com		
Datos de la Investigación			
<input type="checkbox"/>	Artículo de Investigación		
<input type="checkbox"/>	Trabajo de Investigación		
<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis		
Título:	LA DEFLEXION Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LAS CALLES LOS PROLERES Y JCTELLO LOCALIDAD DE HUAYRA, DISTRITO DE HUAYRA, PROVINCIA HUAYRA DEPARTAMENTO DE LIMA - 2022		
Asesor:	Mg. RAUL GUALBERTO QUISPE TAYA		
Año:	2022	Carrera Profesional:	INGENIERIA CIVIL
Licencias			
<p>A. Licencia estándar:</p> <p>Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis en el Repositorio Digital de la Universidad Privada Telesup. Con esta autorización de depósito de mi Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis, otorgo a la Universidad Privada Telesup una licencia no exclusiva para reproducir (en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación), distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi Trabajo de Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de Tesis UPT, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.</p> <p>Declaro que el presente Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.</p> <p>La Universidad Privada Telesup consignará el nombre del/los autor/es de la tesis, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la presente licencia.</p> <p>Autorizo su publicación (marque con una X):</p> <p><input type="checkbox"/> Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (dd/mm/aa):</p> <p><input type="checkbox"/> No autorizo.</p>			
 Firma		03 ENERO 2023 Fecha	
Opcional			

\* Lo siguiente es OPCIONAL, pero es importante porque el licenciamiento Creative Commons fija las condiciones de uso de su tesis en la Web. Si desea obviar esta parte, vaya a la última hoja del formulario, coloque su firma y fecha para completar su autorización.

**B. Licencia Creative Commons: Otorgamiento de una licencia Creative Commons**

Si usted concede una licencia Creative Commons sobre su tesis, mantiene la titularidad de los derechos de autor de ésta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de ésta, siempre y cuando reconozcan la autoría correspondiente, bajo las condiciones siguientes:

MARQUE	TIPO LICENCIA	DESCRIPCIÓN
	 Reconocimiento CC BY	Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.
	 Reconocimiento- CompartirIgual CC BY-SA	Esta licencia permite a otros re-mezclar, modificar y desarrollar sobre tu obra incluso para propósitos comerciales, siempre que te atribuyan el crédito y licencien sus nuevas obras bajo idénticos términos. Cualquier obra nueva basada en la tuya, lo será bajo la misma licencia, de modo que cualquier obra derivada permitirá también su uso comercial.
	 Reconocimiento- SinObraDerivada CC BY-ND	Esta licencia permite la redistribución, comercial y no comercial, siempre y cuando la obra no se modifique y se transmita en su totalidad, reconociendo su autoría.
	 Reconocimiento- NoComercial CC BY-NC	Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.
	 Reconocimiento- NoComercial- CompartirIgual CC BY-NC-SA	Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, siempre y cuando le reconozcan la autoría y sus nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.
X	 Reconocimiento- NoComercial- SinObraDerivada CC BY-NC-ND	Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales, sólo permite que otros puedan descargar las obras y compartirlas con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se pueden cambiar de ninguna manera ni se pueden utilizar comercialmente.

  
Firma

03-ENERO 2023  
Fecha

**Formulario de autorización de depósito de tesis en el Repositorio Digital de Tesis  
UPTESUP**

Datos del Autor			
Nombre y Apellidos:	ARISTIDES BALLON CHOQUE		
DNI:	43078663	Teléfono:	935 326 946
E-Mail:	ballonaristides@gmail.com		
Datos de la Investigación			
<input type="checkbox"/>	Artículo de Investigación		
<input type="checkbox"/>	Trabajo de Investigación		
<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis		
Título:	LA DEFLEXIÓN Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CAPA DE RODAJILLA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS CALLES LOS PIÑONES Y J.C. TELLO EN LA LOCALIDAD HUAYRA, DISTRITO HUAYRA, PROVINCIA DE HUAYRA, DEPARTAMENTO LIMA - AÑO 2021		
Asesor:	MAG. RAUL GUALBERTO QUISPE TAYA.		
Año:	2022	Carrera Profesional:	INGENIERÍA CIVIL
Licencias			
<b>A. Licencia estándar:</b>			
<p>Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis en el Repositorio Digital de la Universidad Privada Telesup. Con esta autorización de depósito de mi Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis, otorgo a la Universidad Privada Telesup una licencia no exclusiva para reproducir (en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación), distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi Trabajo de Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de Tesis UPT, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.</p> <p>Declaro que el presente Artículo / Trabajo de Investigación / Tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.</p> <p>La Universidad Privada Telesup consignará el nombre del/los autor/es de la tesis, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la presente licencia.</p> <p><b>Autorizo su publicación (marque con una X):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (dd/mm/aa):</p> <p><input type="checkbox"/> No autorizo.</p>			
 Firma		03 enero 2023 Fecha	

Opcional

\* La siguiente es OPCIONAL, pero es importante porque el licenciamiento Creative Commons fija las condiciones de uso de su tesis en la Web. Si desea abviar esta parte, vaya a la última hoja del formulario, coloque su firma y fecha para completar su autorización.

**B. Licencia Creative Commons: Otorgamiento de una licencia Creative Commons**

Si usted concede una licencia Creative Commons sobre su tesis, mantiene la titularidad de los derechos de autor de ésta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de ésta, siempre y cuando reconozcan la autoría correspondiente, bajo las condiciones siguientes:

MARQUE	TIPO LICENCIA	DESCRIPCIÓN
	 <b>Reconocimiento CC BY</b>	Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.
	 <b>Reconocimiento- Compartirigual CC BY-SA</b>	Esta licencia permite a otros re-mezclar, modificar y desarrollar sobre tu obra incluso para propósitos comerciales, siempre que te atribuyan el crédito y licencien sus nuevas obras bajo idénticos términos. Cualquier obra nueva basada en la tuya, lo será bajo la misma licencia, de modo que cualquier obra derivada permitirá también su uso comercial.
	 <b>Reconocimiento- SinObraDerivada CC BY-ND</b>	Esta licencia permite la redistribución, comercial y no comercial, siempre y cuando la obra no se modifique y se transmita en su totalidad, reconociendo su autoría.
	 <b>Reconocimiento- NoComercial CC BY-NC</b>	Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.
	 <b>Reconocimiento- NoComercial- Compartirigual CC BY-NC-SA</b>	Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, siempre y cuando le reconozcan la autoría y sus nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.
X	 <b>Reconocimiento- NoComercial- SinObraDerivada CC BY-NC-ND</b>	Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales, sólo permite que otros puedan descargar las obras y compartirlas con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se pueden cambiar de ninguna manera ni se pueden utilizar comercialmente.

  
 Firma

03 ENERO 2023  
 Fecha