

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA  
DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE  
AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE  
GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”.**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACION  
INGENIERIA VIAL**

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

**TESISTA:**

**BACH. UTRILLA RIVERA MIGUEL ANGEL**

**ASESOR:**

**ING. ALCEDO DIAZ CHARLES JIAMMY**

**HUÁNUCO - PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mis padres por ser mi principal apoyo y motivación para superarme cada día más y poder alcanzar los objetivos como profesional y como persona.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseamos expresar nuestros agradecimientos:

A Jesús nuestro Señor y Dios, por enseñarnos el camino correcto de la Vida, guiándonos y fortaleciéndonos cada día.

A mis padres por apoyarme cada día y hacer que escalemos peldaños con humildad en nuestras vidas profesionales.

A mis docentes, por enseñarnos con sus sabidurías y por compartir sus amplios conocimientos y experiencias.

A los profesores, por habernos asesorado en la elaboración de la tesis

## RESUMEN

En el Perú, nos encontramos en una etapa de desarrollo económico y esto se va a dar con la influencia de la ejecución de obras de infraestructura vial urbana, que dan al desarrollo de las ciudades de nuestro país, que las inversiones del estado en las vías urbanas son escasos y que en su gran cantidad las vías son de vías no pavimentadas.

Las vías no pavimentadas en zonas urbanas representan un 85% de la mayoría de las ciudades de nuestro país, esto se debe a que no existe una política de parte del gobierno de invertir en vías no pavimentadas ya que a lo largo de su vida útil estas representan una mayor inversión en cuanto a su mantenimiento, más aun estas vías se vuelven intransitables en épocas de lluvias donde dichas vías colapsan, sumado a ella no existe una política de mantenimiento por parte de los gobiernos locales, agudizando así la problemática de las ciudades por un inadecuada vías donde se transitan a diario.

La solución a este problema es de intervenir en las vías no pavimentadas, es para los profesionales de la ingeniería de diseñar pavimentos flexibles y rígidos, siendo en su mayoría de optar por el diseño de un pavimento flexible porque representa una menor inversión en comparación con los pavimentos rígidos, pero en un análisis más técnico se evidencio que los pavimentos flexibles para cumplir con su vida útil debe de intervenir en el mantenimiento preventivo para poder mantener en su serviciabilidad en valores ya establecidos por el AASHTO pero en este análisis es donde debemos tener en cuenta que no se cumple con los mantenimientos a dichas vías por parte de los encargados de administrar las vías, más aún si las vías pavimentadas se encuentran en zonas donde las lluvias son frecuentes en cada año, que comparado con el pavimento rígido sus costos de mantenimiento son más bajos y tienen una mayor duración con la presencia de las aguas de las lluvias

**Palabras claves:** pavimento, flexible, mejoramiento, mantenimiento.

## **ABSTRACT**

In Peru, we are in a stage of economic development and this will occur with the influence of the execution of urban road infrastructure works, which give the development of the cities of our country, that the investment of the state in the roads ballot boxes are scarce and that in their great quantity the roads are unpaved roads.

Unpaved roads in urban areas represent 85% of the majority of the cities in our country, this is because there is no policy on the part of the government to invest in unpaved roads, since throughout their useful life these They represent a greater investment in terms of their maintenance, but even these roads become impassable in rainy seasons where said roads collapse, added to it there is no maintenance policy on the part of local governments, thus exacerbating the problems of cities due to an inadequate roads where they travel daily.

The solution to this problem is to intervene on unpaved roads, it is for engineering professionals to design flexible and rigid pavements, with the majority opting for the design of a flexible pavement because it represents a lower investment compared to the rigid pavements, but in a more technical analysis it was evidenced that flexible pavements to fulfill their useful life must be intervened in preventive maintenance in order to maintain their serviceability in values already established by the AASHTO but in this analysis is where we must take into account Note that the maintenance of said roads by those in charge of managing the roads is not met, even more so if the paved roads are in areas where the rains are frequent each year, compared to the rigid pavement their maintenance costs They are lower and have a longer duration with the presence of rainwater.

Keywords: pavement, flexible, improvement, maintenance.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>INTRODUCCION</b> .....	9
<b>CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION</b> .....	10
<b>1.1 Fundamentación del Problema de Investigación</b> .....	10
<b>1.2 Formulación del Problema</b> .....	11
Formulación del Problema General .....	11
Formulación del Problema Especifico .....	11
<b>1.3 Formulación de los Objetivos</b> .....	12
Objetivo General.....	12
Objetivo Especifico.....	12
<b>1.4. Justificación</b> .....	12
<b>1.5. Limitaciones</b> .....	13
<b>1.6. Hipótesis</b> .....	14
Hipótesis General.....	14
Hipótesis Específicas. ....	14
<b>1.7. Variables</b> .....	14
<b>1.8. Definición teorice y operacionalizacion de variables</b> .....	14
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO</b> .....	15
<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION</b> .....	15
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	15
2.1.3 Regional.....	17
<b>2.3.1. Pavimentos Rígidos</b> .....	18
2.3.2. Metodología de diseño AASHTO93.....	19
Metodología de diseño TCPavements®: .....	20
Sub rasante .....	27
Pavimento.....	28
Capa de Rodadura .....	28
Base 28	
Subbase.....	28
Tráfico Vial.....	29

Thin Concrete Pavement (TCP) .....	30
<b>Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115) .....</b>	<b>33</b>
<b>Ensayo CBR de Suelos (Laboratorio) (MTC E 132) .....</b>	<b>33</b>
<b>Repeticiones de carga .....</b>	<b>35</b>
<b>Método de la PCA .....</b>	<b>35</b>
<b>CAPITULO III. METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Ambito .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2 población .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3 Muestra.....</b>	<b>44</b>
<b>Tipo de Muestreo .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4 Nivel y tipo de estudio .....</b>	<b>44</b>
<b>Tipo de Investigación.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 Diseño de Estudio .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6 Métodos, Técnicas e instrumentos .....</b>	<b>45</b>
Instrumento .....	46
<b>3.7 validación y confiabilidad de instrumento .....</b>	<b>47</b>
<b>3.8 procedimiento .....</b>	<b>47</b>
<b>3.9 Tabulación y análisis de datos .....</b>	<b>47</b>
<b>Prueba de la Chi Cuadrada.....</b>	<b>47</b>
<b>3.10 Consideraciones Éticas .....</b>	<b>64</b>
<b>CAPITULO IV DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CON GEOMETRIA OPTIMIZADA .....</b>	<b>65</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPITULO V RESULTADOS .....</b>	<b>66</b>
<b>TRABAJOS DE CAMPO .....</b>	<b>77</b>
<b>EVALUACIÓN DE LA BASE .....</b>	<b>78</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO DE BASE .....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
.....	80
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 Esquema del optipave</b> .....	23
<b>Figura 2 configuración de ejes simples</b> .....	24
<b>Figura 3 Efecto de distribución</b> .....	25
<b>Figura 4 Distribución estándar</b> .....	26
<b>Figura 5 Área afectada</b> .....	27
<b>Figura 6 Transferencia del PCA</b> .....	39
<b>Figura 7 Seccion de Pavimento Flexible</b> .....	40

## INDICE DE TABLAS

<b>tabla 1 Clasificación de suelos según tamaño de partículas</b> .....	31
<b>tabla 2 Factor de corrección para límite liquido</b> .....	32
<b>tabla 3 para la precisión de un operador</b> .....	33



## INTRODUCCION

En el Perú, en la actualidad la infraestructura vial urbana, así como las carreteras, se encuentran diseñadas y ejecutadas en su gran mayoría por metodologías tradicionales que por su simplicidad en la poca información que se necesita para poder diseñar el espesor del pavimento, por lo que la mayoría de los consultores optan por el diseño de pavimento rígido con la metodología AASHTO 93.

El diseño de pavimentos con la metodología del AASHTO 93, por su concepción fue para utilizar valores ya establecidos y solo queda a criterio del consultor tener el cuidado de tomar valores más apropiados, es ahí donde va el camino correcto del diseño de tener los conceptos y conocimientos claros del diseño de pavimentos para poder seleccionar los materiales y otros parámetros de diseños los adecuados para que el diseño final del pavimento cumpla con su objetivo de cumplir con la vida útil del pavimento.

En la gran mayoría de las vías puede apreciar que por más concreto hidráulico sea eso no garantiza la durabilidad y la serviciabilidad, porque dichos pavimentos cumplen por resistencia y no por durabilidad.

En la presente investigación es tener otra alternativa de diseño de pavimentos rígido +, teniendo en cuenta valores más reales que se necesitan para un diseño más eficiente y optimo, como por ejemplo el gradiente térmico e efecto de alabeo que son parámetros que definen e comportamiento estructural de los pavimento rígidos , así como el estudio que para los pavimentos con la metodología de losas cortas influye mucho la geometría a la que queremos diseñar porque lo que evitamos es que el pavimento se fatiguen por contracción plástica, con estos diseños lo que nos permite es que el pavimento se desempeñe bien antes las sollicitaciones de cargas y del clima

## **CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1 Fundamentación del Problema de Investigación**

En el Perú, nos encontramos en una etapa de desarrollo económico y esto se va a dar con la influencia de la ejecución de obras de infraestructura vial urbana, que dan al desarrollo de las ciudades de nuestro país, que las inversiones del estado en las vías urbanas son escasos y que en su gran cantidad las vías son de vías no pavimentadas.

Las vías no pavimentadas en zonas urbanas representan un 85% de la mayoría de las ciudades de nuestro país, esto se debe a que no existe una política de parte del gobierno de invertir en vías no pavimentadas ya que a lo largo de su vida útil estas representan una mayor inversión en cuanto a su mantenimiento, más aun estas vías se vuelven intransitables en épocas de lluvias donde dichas vías colapsan, sumado a ella no existe una política de mantenimiento por parte de los gobiernos locales, agudizando así la problemática de las ciudades por un inadecuada vías donde se transitan a diario.

La solución a este problema es de intervenir en las vías no pavimentadas, es para los profesionales de la ingeniería de diseñar pavimentos flexibles y rígidos, siendo en su mayoría de optar por el diseño de un pavimento flexible porque representa una menor inversión en comparación con los pavimentos rígidos, pero en un análisis más técnico se evidencio que los pavimentos flexibles para cumplir con su vida útil debe de intervenir en el mantenimiento preventivo para poder mantener en su serviciabilidad en valores ya establecidos por el AASHTO pero en este análisis es donde debemos tener en cuenta que no se cumple con los mantenimientos a dichas vías por parte de los encargados de administrar las vías, más aún si las vías pavimentadas se encuentran en zonas donde las lluvias son frecuentes en cada año, que comparado con el pavimento rígido sus costos de

mantenimiento son más bajos y tienen una mayor duración con la presencia de las aguas de las lluvias. Por lo que la presente investigación es de resolver estos factores que se toman en cuenta para decidir por un pavimento flexible y rígido, es de equilibrar la parte económica y eficiencia del pavimento más aún en zonas de una importante presencia de lluvias, para lo cual presentaremos una solución de poder tener vías seguras y confortables es la de diseñar pavimentos con geometría optimizada.

La investigación podrá evidenciar que los pavimentos de geometría optimizada o llamadas losas cortas pueden ser más económicas que los pavimentos flexibles, ya que como consultores o proyectistas debemos diseñar pavimentos que cumplan su función principal de ser vías seguras y confortables para el usuario, para ello debemos aplicar los conocimientos que nos brinda la ingeniería.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **Formulación del Problema General**

¿Cómo el diseño del pavimento flexible del proyecto Mejoramiento del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS puede ser diseñado con pavimento rígido con la metodología de geometría optimizada?

### **Formulación del Problema Especifico**

¿Cuál será la optimización con losas cortas para mejoramiento de la vía útil del Jr.

¿BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS?

¿Cuáles serían la diferencia de costos entre el diseño de pavimento flexible y el pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS?

¿Cuáles serían la diferencia de costos de mantenimiento entre el diseño de pavimento flexible y el pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS?

### 1.3 Formulación de los Objetivos

#### Objetivo General

¿Desarrollar el cambio de diseño de pavimento flexible del proyecto Mejoramiento del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS con pavimento rígido con la metodología de geometría optimizada?

#### Objetivo Especifico

- **Problema específico 1**

¿Revisar y analizar la vida útil del pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS?

- **Problema específico 2**

¿Desarrollar la diferencia de costos de mantenimiento entre el diseño de pavimento flexible y el pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS?

#### 1.4. Justificación

En la presente investigación, se justifica, debido a que, a nivel nacional las ciudades de nuestro país en especial las zonas urbanas requieren que se pavimentas sus calles, jirones o avenidas no pavimentadas, ya que se trata de mejorar la transpirabilidad vehicular en zonas donde existe mucha circulación de vehículos por encontrarse dentro del ámbito de la influencia de la avenida principal que se encuentra pavimentado con concreto hidráulico , siendo el jirón Bella Durmiente una vía que tiene una contribución vehicular a la vía principal, por eso la importancia que el Jirón Bella Durmiente se debe de pavimentar , y que según

la topografía del terreno actual dicho jirón se encuentra en la ladera de un cerro y que por su pendiente por dicha vía va a circular las aguas provenientes de las lluvias, que en la actualidad como no está pavimentado en épocas de lluvias se vuelve intransitable, por lo que se requiere adoptar un diseño de pavimento adecuado para que sea duradero la vía a construir, en su mayoría las autoridades por el bajo costo optan por un pavimento flexible, olvidando que los pavimentos se evalúan por factores que inciden directamente en el comportamiento estructural del pavimento, siendo los más importantes el tráfico y factores climáticos (lluvias). Por eso se requiere el diseño de un pavimento que sea capaz de soportar las cargas, así como los aspectos ambientales en este caso lo más relevante son la resistencia al periodo de lluvia.

Se prevé, que, con el diseño de pavimento rígido con la metodología de geometría optimizada, se logre solucionar el problema de una vía resistente a las cargas definidas por el estudio de tráfico y de las lluvias, logrando que cumplan con su vida útil de diseño

Así también, difundir las técnicas y metodologías de diseño de pavimento de geometría optimizada para ser utilizados en los diseños en las vías urbanas en todo el país.

### **1.5. Limitaciones**

Como limitaciones, podemos encontrar la escasa información sobre esta metodología de diseño tanto en diseño como en construcción a nivel nacional, la información encontrada se puede obtener en forma escasa en nuestro país y otras que fueron basadas en estadísticas de investigaciones extranjeras.

## 1.6. Hipótesis

### Hipótesis General.

Analizar que el cambio de metodología a losas de geometría optimizada tendrá un impacto positivo para el pavimento rígido diseñado en el Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS

### Hipótesis Específicas.

#### ▪ Hipótesis específica 1

la vida útil del pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada tendrá influencia en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS

#### ▪ Hipótesis específica 2

Valorar la diferencia de costos de mantenimiento entre el diseño de pavimento flexible y el pavimento rígido diseñado con la metodología de geometría optimizada en el del Jirón BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS.

## 1.7. Variables

- **Variable Independiente:** aplicación de la metodología geometría optimizada
- **Variable Dependiente:** desempeño del pavimento rígido en términos de vida útil.

## 1.8. Definición teorice y operacionalizacion de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	SUB VARIABLE	INDICADORES	MEDICI ÓN
----------	--------------------------	-----------------	-------------	--------------

<p><b><u>Variable Independiente</u></b></p> <p>Aplicación de geometría optimizada</p>	<p>Son estructuras con geometrías optimizada del pavimento para la reducción de os esfuerzos de tensión de la losa</p>	<p>Propiedades del concreto como el módulo de rotura .</p>	<p>-Resistencia a la tensión -Tipo de material -Rigidez -Baja plasto deformación</p>	<p>Nominal</p>
<p><b><u>Variable Dependiente</u></b></p> <p>desempeño del pavimento rígido en términos de vida útil. ,</p>	<p>Respuesta del pavimento rígido ante la carga de tráfico y las condiciones ambientales</p>	<p>Técnico</p>	<p>Incremento de la vida útil</p>	<p>Nominal</p>
		<p>Económico</p>	<p>Reducción de volúmenes de movimiento de tierras</p>	<p>Nominal</p>
		<p>Capacidad de carga</p>	<p>Resistencia a cargas estáticas y dinámicas.</p>	<p>Nominal</p>
		<p>Ambiental</p>	<p>Reduciendo el impacto de la emisión de carbono en las actividades de construcción realizadas.</p>	

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales

**Guzmán y Soncco (2014)** concluyeron mediante su investigación que la metodología TCP cumple con el parámetro de periodo de diseño para 20 años, y resistencia para EE de (160,000). La contribución mediante su trabajo es comprobar que el diseño de pavimento mediante losas TCP reducen su espesor en 41 % y son 19.64 % más económicas respecto al pavimento rígido tradicional. **Mendoza (2015)** obtuvo como resultado que las losas de concreto tradicional son

capaces de soportar las tensiones por punzonamiento, comparadas con las losas cortas (TCP), que necesitan una sub base con la suficiente rigidez para absorber parte de las cargas de los vehículos, recomendando materiales para la sub base ( $\text{CBR} \geq 80 \%$ ) para la transferencia de estas cargas. El aporte al trabajo de investigación es comprobar que el pavimento tradicional debido a su espesor absorbe las cargas dinámicas, sin embargo, las losas cortas (TCP) no son capaces de soportar estas cargas generadas por el paso vehicular, por lo que se tiene que mejorar capacidad de soporte del paquete estructural.

**Keyla Madeleine Díaz Zamora (2019)** Los pavimentos de la ciudad de Jaén presentan problemas de agrietamiento, asentamientos y baches, que van acentuando el deterioro y disminuyendo el servicio óptimo del pavimento, relacionado a los malos diseños. La hipótesis planteada fue que la metodología TCP, tiene mejores ventajas técnicas y económicas para la construcción de pavimentos rígidos, comparada con la metodología AASHTO93, considerando las condiciones locales de Jaén “COMPARACIÓN TÉCNICO Y ECONÓMICO DE PAVIMENTOS OPTIMIZADOS (TCP) Y PAVIMENTOS RÍGIDOS (AASHTO 93), DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES LOCALES DE JAÉN”

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

**Sánchez (2014)** mediante su investigación llegó a obtener como resultado que los esfuerzos por combinación de carga y cambios de temperatura son menores en las losas de dimensiones optimizadas respecto a los generados por las losas de pavimentación tradicional, cumpliendo los criterios de vida para un periodo de diseño de 20 años. El aporte del trabajo de investigación es haber determinado que las condiciones geométricas para losas de dimensiones superficiales optimizadas, se cumple para dimensiones menores de 2.2x2.2 metros.



**Ordoñez (2015)** de la evaluación realizada concluyó que la construcción de pavimentos de concreto con losas de dimensiones optimizadas o losas cortas tiene incidencia a nivel económico, principalmente por la disminución en el espesor de las losas de concreto y la menor exigencia de capas de apoyo en la construcción. Al comparar las losas de concreto convencionales diseñadas por AASHTO y las losas con dimensiones optimizadas (losas cortas), pudo observar que se puede alcanzar una reducción de espesores de 4 a 10cm, reduciendo el costo en 20% aproximadamente, teniendo en cuenta que cada estructura de pavimento varía dependiendo de las características propias del proyecto.

### **2.1.3 Regional**

A nivel local; No se encontraron referencias o investigaciones relacionadas al proyecto de investigación que vengó desarrollando, titulado “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA”,

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Los sistemas de pavimentación en hormigón empleados actualmente se diseñan con losas de ancho igual al ancho de la pista y de largo entre 3,3 y 6 m. Debido a que las losas presentan un alabeo cóncavo producto del gradiente de construcción lo que se traduce en un levantamiento de las esquinas de la losa un camión puede cargar simultáneamente la losa con sus cuatro sets de ruedas. Esta condición produce tensiones de tracción en la superficie de ésta. La nueva tecnología de diseño y construcción de losas dimensiona éstas de forma tal que ellas nunca sean cargadas por más de un set de ruedas del camión, logrando con esto disminuir significativamente las tensiones en dicha losa. Las tensiones dentro de la losa

determinan la vida útil del pavimento, donde tensiones mayores generan un deterioro más rápido en este. Esto produce un menor agrietamiento de las losas del pavimento y una mayor tolerancia a la carga por eje del camión. El método creado por la empresa TCPavements es el resultado de años de estudios y pruebas, basado en las ecuaciones de daño por fatiga del proyecto NCHRP 1-37<sup>a</sup> (ME-PDG, AASHTO, EEUU) y con simulaciones de tensiones realizadas en ISLAB2000 (programa de elementos finitos). Este método logra diseñar pavimentos de losas optimizadas, obteniendo resultados óptimos, para esta nueva condición geométrica. El procedimiento es un método mecanicista - empírico, ya que ha sido calibrado con tramos de pruebas instrumentados, determinando las constantes de calibración. El concepto básico del diseño es dimensionar las losas de tal manera que solo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa, a la vez, calcular el daño por fatiga producido en los puntos críticos de la losa, dado esto, determinar el espesor correspondiente considerando las condiciones de suelo, alabeo, tráfico, y otras condiciones relevantes. El modelo calcula las tensiones críticas que se producen en las losas del pavimento producto de la combinación de las cargas, efectos de temperatura y distintas condiciones de borde. Además, el método incluye verificación para las condiciones del escalonamiento de las juntas transversales sin barras de traspaso de cargas y del agrietamiento de esquina. En esta segunda versión, se incorpora el uso de Redes neuronales para la predicción de tensiones, cálculo incremental de fatiga en el tiempo y una serie de mejoras para generar un sistema de diseño preciso.

## **2.3. BASES CONCEPTUALES.**

### **2.3.1. Pavimentos Rígidos**

Los pavimentos de concreto son denominados rígidos, debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye, por lo que los esfuerzos generados por las cargas

dinámicas del tránsito vehicular son absorbidos casi por completo, compartiendo parte de los esfuerzos en menor intensidad a la capa inferior y a la sub rasante (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014).

### **2.3.2. Metodología de diseño AASHTO93**

El diseño de pavimento rígido de acuerdo a la Metodología AASHTO93, considera dimensiones típicas, que se modifican de acuerdo con el tránsito vehicular, el clima y el material.

Referente al espesor de diseño está definido por las cargas vehiculares en EE (ejes Equivalentes) y el aporte estructural del concreto, donde se asume el valor empírico del ancho hasta 3.6 m y se incorpora al diseño definitivo (AASHTO, 2007).

El alabeo de las losas genera una condición de tensiones desfavorable cuando estas se cargan en sus extremos, condición que se da con el tránsito de camiones en losas de dimensiones que permitan ser cargadas por un eje delantero y uno trasero a la vez, o por ambas ruedas de un mismo eje. Con el fin de reducir los efectos de la interacción de la carga con la losa alabeada, se origina la idea de las losas de geometría optimizada, que se basa en diseñar las losas con una geometría tal que no permita que haya más de una rueda o set de ruedas por losa a la vez, reduciendo así las tensiones que se generan en losas con dimensiones tradicionales (Covarrubias, 2012).

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el método AASHTO 93 determina que para una infraestructura vial nueva su nivel de servicio es alto, el cual disminuye debido a las repeticiones de carga en un determinado tiempo (MTC, 2014).

La metodología establece un nivel de servicio final que debe de conservarse hasta finalizar el periodo de diseño. El diseño se realiza mediante un proceso iterativo, que finaliza cuando de la ecuación de AASHTO93 se obtienen resultados equilibrados; el espesor de diseño, resultado de este proceso iterativo debe mantenerse en condiciones óptimas de servicio durante el periodo de diseño, soportando el tráfico vehicular sin que se genere deterioro del pavimento (MTC, 2014).

Ecuación de AASHTO:

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W8.2 = número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período de diseño

ZR = desviación normal estándar

SO = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI= diferencia entre los índices de servicio inicial y final Pt = índice de serviciabilidad o servicio final

Mr = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

Cd = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

Ec = módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

### Metodología de diseño TCPavements®:

La tecnología de las losas cortas, busca mediante una modificación en las dimensiones de las losas que reduce su tamaño de forma tal que las mismas nunca

sean cargadas por más de un set de ruedas del camión, logrando con esto disminuir significativamente las tensiones en dicha losa (Covarrubias, 2012).

De acuerdo con la tecnología Thin Concrete Pavements (TCP, 2007), mediante la aplicación de la metodología TCP se logra reducir el espesor del pavimento de concreto; considerando la relación directa entre la posición de las cargas del tránsito vehicular y la geometría de pavimento rígido, donde cada losa reciba las cargas de solo un set de ruedas.

El diseño, así como la construcción de este tipo de losas, son dimensionadas de tal manera que no se cargue por más de un set de ruedas, generando la disminución considerable del efecto de las tensiones, obteniendo losas cortas y de menor espesor (TCP, 2007). A partir de ello se ha desarrollado un software de diseño mecánico empírico denominado Optipave, para entender el comportamiento estructural de esta nueva metodología de diseño se calibraron secciones a gran escala en la Universidad de Illinois, permitiendo obtener resultados que garanticen el periodo de diseño y servicio del pavimento, se detalla a continuación:

Como consecuencia de la optimización de las dimensiones del pavimento se ha incrementado el número de juntas de contracción, disminuyendo los esfuerzos contracción, por lo que se recomienda realizar cortes mediante sierras de 2 a 2.5 mm, disminuyendo su despostillamiento y omitiendo el sellado.

Para evitar que este tipo de pavimento sufra escalonamiento debido al lavado de los finos por el ingreso de agua por las juntas, se recomienda un material para base con menos de 8% de finos pasante de malla N°200. Se debe considerar el uso de un geotextil que actúe como una capa de separación entre el suelo de fundación y la

base, protegiendo la contaminación del porcentaje de finos (8%) de la base por el material fino de la subrasante. El material de base debe tener un CBR mayor al 50%.

El menor ancho en las juntas de contracción contribuye a una mayor transferencia de cargas entre losas, por lo que este tipo de diseño no requiere el uso de acero de transferencia de cargas, sin embargo, como parte del procedimiento constructivo se generan juntas de construcción, que pueden ser transversales donde incrementan la transferencia de carga o en longitudinales donde actúan como elementos de amarre para evitar desplazamientos laterales de las losas (TCP, 2007).

A continuación, se presenta la metodología mecánica empírica utilizada en el desarrollo del software de diseño para losas con geometría optimizada, Optipave 2.5.

Mecanismos de Falla de un pavimento En este método se consideraron los siguientes 5 mecanismos de falla:

- Agrietamiento transversal en el tercio central de la losa
- Agrietamiento Longitudinal • Agrietamiento en la Esquina
- Escalonamiento
- Rugosidad (IRI)
- Agrietamiento transversal en el tercio central de la losa

**Una grieta transversal** en el pavimento es una grieta que ocurre en el tercio central de una losa, producto de la fatiga que presenta el material. Esta grieta se origina en la fibra inferior de la losa en el punto del borde de la losa y la mitad longitudinal de la losa.

**Agrietamiento Longitudinal** El agrietamiento longitudinal ocurre por tensiones en la fibra inferior de la losa, y se desarrolla en sentido longitudinal atravesando todo el

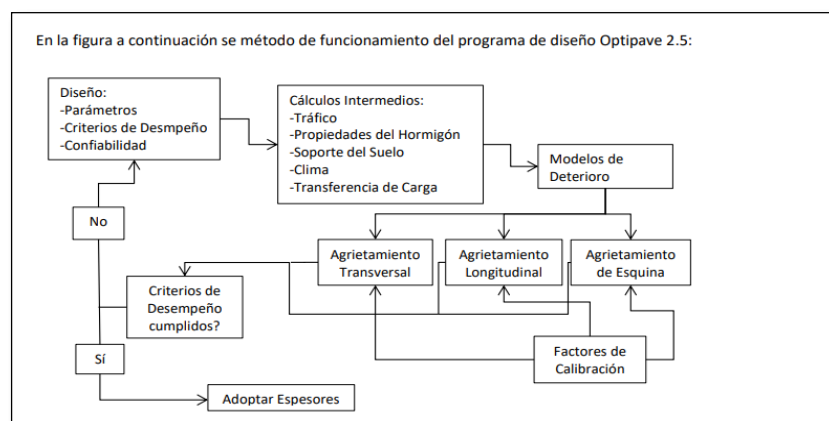
largo de la losa. La ubicación con respecto al borde en donde se origina la falla depende de varios factores entre los que se encuentran: el ancho de la losa, la magnitud del alabeo de la losa, la configuración del paso de los vehículos (distancia con respecto al borde por el que pasan los vehículos), entre otros.

**Agrietamiento de Esquina** El agrietamiento de esquina ocurre en la fibra superior de la losa, cuya ubicación depende de varios factores. Este se evaluó en diferentes puntos ya que el origen de la falla no siempre ocurre en la misma ubicación. Debido a la importancia del eje tándem en el origen de este tipo de falla, es que se consideró el efecto de ejes simple y el efecto de ejes tándem.

**Escalonamiento en la junta** El escalonamiento en la junta transversal es una diferencia de altura, que se va incrementando en el tiempo, a medida que circula tránsito pesado sobre él. Esta diferencia de altura, se debe a que el material de la base se entre dos losas debido al movimiento del material de la base.

**Rugosidad (IRI)** La rugosidad que tiene un pavimento es fundamental a la hora de evaluar el confort que siente un usuario al transitar por un pavimento. El método más utilizado universalmente para medir el nivel de confort que siente un usuario es el índice de rugosidad Internacional (IRI).

**Figura 1 Esquema del optipave**



**Cálculo de Tensiones por medio de Islab2000:** Con el fin generar una base de datos de tensiones y deformaciones para los modelos de agrietamiento, escalonamiento y pérdida de transferencia de carga, que permitan desarrollar las redes neuronales, se utilizó el software de elementos finitos ISLAB 2000 (Khazanovich et al. 2000). A continuación, se muestran los parámetros considerados para el análisis de tensiones.

**Figura 2 configuración de ejes simples**

Tabla 10: Configuración del Eje Simple		
Tipo de Eje: Eje Simple Rueda Doble		
	Parámetro	
	S1	31 cm
	S2	182 cm
	S3	213 cm
	Presión Neumáticos	8,2 Kg/cm <sup>2</sup>
	Ancho Neumático	25 cm

Tabla 11: Configuración del Eje Doble		
Tipo de Eje: Eje Doble Rueda Doble		
	Parámetro	
	S1	31 cm
	S2	182 cm
	S3	213 cm
	L1	145 cm
	Presión Neumáticos	8,2 Kg/cm <sup>2</sup>
	Ancho Neumático	25 m

### Algoritmo de Fatiga

**Modelo de Agrietamiento** El modelo de agrietamiento se basa en la suma de daño por fatiga (FD), a través de la siguiente relación:  $CRK = 1 + bFDa$  Con a,b factores a calibrar para cada tipo de agrietamiento (transversal, longitudinal y esquina) El daño por fatiga en tanto se obtiene por el cuociente entre el número de pasadas reales de una cierta carga dividido por el número de pasadas admisibles:

$$FD = \sum ni,j,k,l Ni,j,k,$$



**Confiabilidad del Agrietamiento** El agrietamiento a un cierto nivel de confianza (m) se obtiene de la siguiente fórmula:

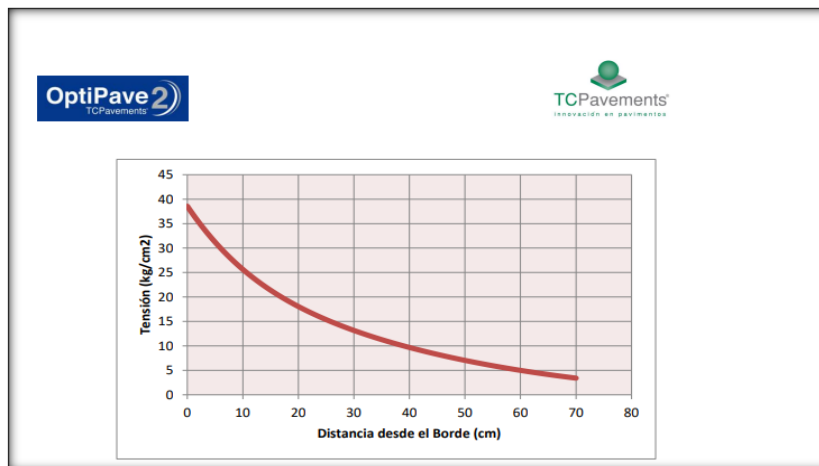
$$\text{CRACK}_m = \text{CRACK} + Z_p \cdot$$

$$\text{STDCR} = a \cdot \text{CRACK}^2 + b \cdot \text{CRACK} + c \text{ STDCR}$$

Dónde:  $\text{CRACK}_m$  = Porcentaje Losas agrietadas Totales con M % de confiabilidad  
 $\text{CRACK}$  = % Losas agrietadas Totales a,b,c = Factores a calibrar  $Z_r$  = coeficiente estadístico, asociado al Nivel de Confianza. (1-R) en una curva de distribución normal

**Efecto de la distribución de pasado de los ejes** La posición con respecto al borde, por la que pasan los ejes, es muy sensible respecto a la tensión que producirá en el pavimento, como se muestra:

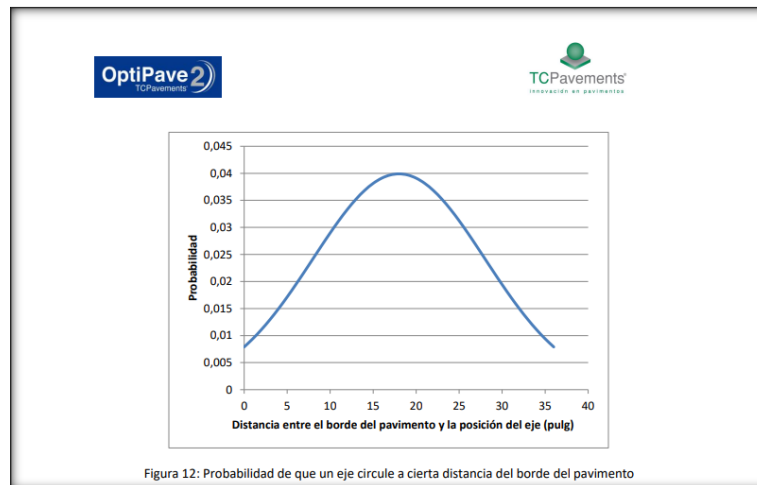
**Figura 3 Efecto de distribución**



La posición en que el eje circula, varía dependiendo del tipo de pavimento. Generalmente circula en el medio de una pista, pero esto puede cambiar, ya que por ejemplo si circula en un camino de una pista por cada sentido, tenderá a circular más cerca del borde del pavimento, que de la línea de demarcación del centro del camino. Por otro lado en caso de pavimentos con sobre ancho en que la línea de demarcación se encuentra distanciada del borde del pavimento, la circulación será más cercana a la línea de demarcación del centro del camino que del borde del pavimento. La probabilidad de que un cierto vehículo circule a cierta distancia del borde del

pavimento, sigue una distribución estándar con media en la huella del camino, como se muestra en la Figura

**Figura 4 Distribución estándar**

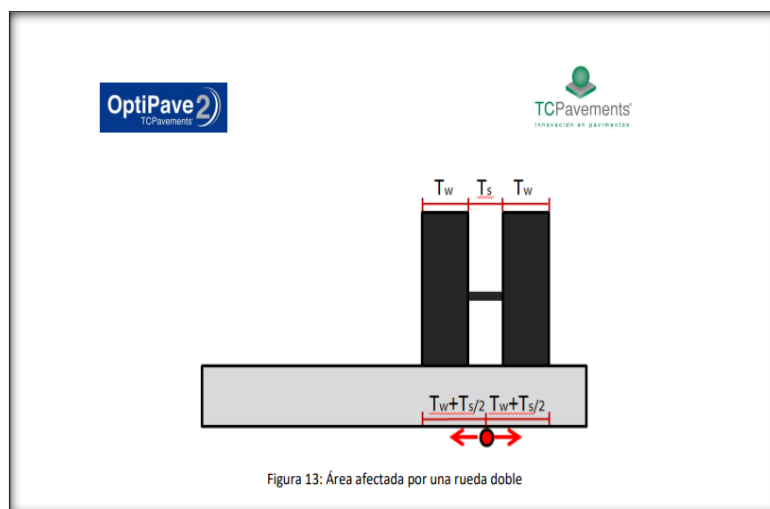


Modelo de Distribución del Tráfico para agrietamiento Transversal y de Esquina: El modelo de distribución de tráfico para agrietamiento transversal y de esquina considera cinco posiciones. Debido a que, para estos dos casos, el tráfico cercano al borde es muchísimo mayor, la mayor cantidad de puntos de evaluación se encuentran en las cercanías del borde del pavimento. Los cinco puntos son:

- 0 cm del borde
- 5 cm del borde
- 10 cm del borde
- 20 cm del borde
- A 60 cm del borde (borde libre o con berma) 70 cm (solera de borde) y 75 cm (Sobrecancho)

Modelo de Distribución del Tráfico para agrietamiento Longitudinal Para la tensión de agrietamiento longitudinal, el efecto de la posición del eje es también de suma importancia, ya que la tensión es mayor cuando la carga se encuentra sobre el punto de evaluación y considerablemente menor cuando se encuentra alejado del punto de evaluación. Debido a que ambas ruedas interactúan entre sí y que calcular de forma correcta la tensión puede ser bastante complejo, que se calculó la tensión máxima cuando la rueda se encuentra sobre el punto de evaluación y considerar una tensión nula cuando la rueda se encuentra fuera del punto de evaluación. Los tres puntos de evaluación fueron definidos dependiendo del tipo de borde que tenga el pavimento y si tiene o no sobreancho. Para calcular la probabilidad de que el área afectada este sobre el punto de evaluación, el usuario debe definir el área afectado, el cuál es la distancia entre el borde externo de una rueda y el borde externo de la segunda rueda, es decir dos veces el ancho de una rueda ( $T_w$ ) más el espacio libre entre las dos ruedas ( $T_s$ ) como se muestra:

**Figura 5 Área afectada**



### Sub rasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado (MTC, 2014).

## **Pavimento**

Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo (Sistema Nacional de Inversión Pública [SNIP], 2015).

### **Capa de Rodadura**

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito (MTC, 2014).

### **Base**

La base es la capa situada debajo de la carpeta. Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante (Rebolledo, 2010). La capacidad de soporte de esta capa debe ser de material granular drenante con  $CBR \geq 80\%$ .

### **Subbase**

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 (MTC, 2014). Dependiendo del tipo de diseño esta capa se podría omitirse, la capacidad de soporte de este tipo de material debe ser  $CBR \geq 40\%$ .

## **Trafico Vial**

La necesidad de información del tráfico se define desde dos puntos de vista: el diseño estructural del pavimento y el de la capacidad de los tramos viales para conocer hasta que límites de volúmenes de tráfico puede estimarse crecerá la demanda que afectará a la estructura vial durante el período del análisis vial adoptado para un estudio (MTC, 2014).

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2017), como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn. de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento (SNIP, 2015, págs. 22-23).

## **Clima**

Según se menciona en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dos son los factores que influyen el diseño y comportamiento de los pavimentos: la temperatura y las precipitaciones de lluvia o sus similares como son las precipitaciones de nevadas escasas (MTC, 2014).

## **Pavimento Rígido**

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con

juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.) (Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE], 2014).

### **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)**

La guía AASHTO (2007) proporciona para el diseño de estructuras de pavimentos, un grupo completo de procedimientos, los cuales puede ser usados para el diseño y rehabilitación de pavimentos: rígidos (superficie de concreto de cemento Portland), flexibles (superficie de concreto asfáltico) y superficies de agregado para caminos de bajo volumen de tránsito.

### **Thin Concrete Pavement (TCP)**

Empresa Chilena creadora de la metodología de diseño de pavimentos delgados de concreto, actualmente en Perú este método de diseño se encuentra registrado en INDECOPI N° 5940 como patente de invención.

### **Ensayos de laboratorio para determinar las características del suelo**

#### **Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107)**

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas. A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pueden interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200) (MTC, 2016, pág. 44).

**tabla 1 Clasificación de suelos según tamaño de partículas**

<b>Tipo de Material</b>	<b>Tamaño de Partículas</b>
<b>Grava</b>	75 mm – 4,75 mm
<b>Arena:</b>	
<b>Arena Gruesa</b>	4,75 mm – 2,0 mm
<b>Arena Media</b>	2,00 mm – 0,425 mm
<b>Arena Fina</b>	0,425 mm – 0,075 mm
<b>Material Fino:</b>	
<b>Limo</b>	0,075 mm – 0,005 mm
<b>Arcilla</b>	< a 0,005 mm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 31.

### **Ensayo de Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo (MTC E 108)**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C\*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua (MTC, 2016, pág. 49).

### **Ensayo de Determinación del Límite Líquido de los Suelos (MTC E 110)**

Cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (MTC, 2016, pág. 67).

El límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad se determina usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \quad \text{ó} \quad LL = k \cdot W^n \quad (2)$$

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

Wn = Contenido de humedad del suelo.

K = Factor dado en la *Tabla 2*

**tabla 2 Factor de corrección para límite líquido**

<b>N (Número de golpes)</b>	<b>K (Factor para Límite Líquido)</b>
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 71.

### **Ensayo de Determinación del Límite plástico (L.P.) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I.P.) (MTC E 111)**

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que las barritas se desmoronen (MTC, 2016, pág. 72).

Para determinar el límite plástico primero se debe calcular el promedio de 2 contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los 2 contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la



**tabla 3 para la precisión de un operador.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
<b>Límite Plástico</b>	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
<b>Límite Plástico</b>	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad al número entero más cercano y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

### **Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)**

Esta prueba abarca los procedimientos de compactación utilizados en el Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo Energía de Compactación de (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (5 6000 pie-lbf/pie)) (MTC, 2016, pág. 105).

### **Ensayo CBR de Suelos (Laboratorio) (MTC E 132)**

Se describen procedimientos de ensayo para la determinación del índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, el cual es conocido, como CBR (California Bearing Ratio). Es el valor que estará referido al

100% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 1'' (2.54 mm.) (MTC, 2016, pág. 248).

### **Fatiga del concreto**

La falla por fatiga ocurre debido a cargas dinámicas repetidas sobre el concreto, causando esfuerzos que forman micro fisuras en el material, que luego lo llevan a la ruptura. Los factores que afectan el pavimento hidráulico incluyen el número de aplicaciones de carga, la resistencia y el módulo de ruptura, el espesor de la losa de concreto, el espaciamiento entre juntas transversales, soporte en el borde de las losas, soporte de la subrasante, aditivos, tiempo de curado y edad del concreto (Anguas, Gómez y Sesna, 2002).

La fatiga en el concreto puede causar tanto agrietamientos transversales como longitudinales. El primero suele empezar desde el borde del pavimento en medio de las juntas transversales, hasta proyectarse hasta la otra orilla; las segundas en el medio de las huellas de los vehículos.

“Experimentalmente se ha definido la fatiga como el número de ciclos necesarias para que el módulo de elasticidad inicial del material se disminuya en un 50% al aplicarse carga dinámica sobre una viga sometida a flexión. Por lo tanto, la vida de fatiga se define como el número de ciclos aplicados al espécimen para reducir su módulo en un 50%, durante el ensayo de fatiga” (Austroads, 2012).

### **Relación de esfuerzos**

El número de ciclos de carga y descarga que un concreto puede llegar a resistir antes de la falla depende del nivel de esfuerzos aplicado. Esta relación de esfuerzos SR, es la relación entre el esfuerzo máximo aplicado a la losa y el módulo de ruptura del concreto (Rao & Roesler, 2005)

El esfuerzo de tensión máxima alcanzado en la fibra extrema sometida a tensión se llama módulo de ruptura (MR) del concreto y se obtiene mediante ensayos de resistencia a la flexión a 28 días en los tercios medios de la viga, pero también se puede realizar el ensayo cargando la viga en su punto central. El ensayo consiste en someter la viga a flexión pura y registrar la carga máxima soportada por el elemento antes de fallar.

### **Repeticiones de carga**

La secuencia de cargas aplicadas tiene un efecto significativo sobre el valor final del daño por fatiga; es decir que el número total de ciclos de carga aplicados está influenciado por la secuencia de aplicación (Anguas et al., 2002). Se consideran las variables para montar el ensayo de fatiga en base al reporte técnico "Preliminary Investigation of the Influence of Micro-cracking on Fatigue Life of Cemented Materials" (Austroads, 2012).

Cuando los vehículos transitan sobre la estructura de pavimento, someten las losas a esfuerzos de tensión, más no ocurre el efecto contrario, es decir no hay compresión, por lo que las cargas sólo se pueden aplicar en un sentido.

### **Método de la PCA**

El procedimiento de diseño de espesores de la Portland Cement Association (PCA) para carreteras y calles de concreto se publicó en 1984, reemplazando al publicado en 1966 (Huang, 2004). Se empleó un programa informático de elementos finitos llamado JSLAB para calcular los esfuerzos y deflexiones críticas, que luego se utilizaron junto con algunos criterios de diseño para desarrollar las tablas y cartas de diseño. Los criterios de diseño se basan en el diseño general del pavimento, el desempeño y la experiencia de investigación, incluidas las relaciones del desempeño

de los pavimentos en la prueba de carretera AASHTO con los estudios de fallas en el pavimento. Los problemas de diseño pueden resolverse a mano con tablas y gráficos, con la ayuda de hojas de cálculo o software disponibles.

### **Modelos de análisis de fatiga**

Los modelos mecanicistas de fatiga utilizan el concepto de daño acumulativo en la losa para determinar la falla por fatiga. La ecuación de daño acumulado, publicada por Miner (Rao & Roesler, 2005) ha sido ampliamente utilizada para la evaluación y diseño de pavimentos.

La fatiga del concreto depende de varios factores, incluyendo la magnitud y posición de las cargas que producen los esfuerzos críticos; el concepto de daño acumulativo, se usa para el análisis de fatiga, el cual contempla la suma del daño por fatiga causado por cargas de distinta magnitud y aplicadas bajo condiciones variables, sin embargo, asume que el daño se incrementa linealmente. La siguiente ecuación se conoce como Ley de Miner, la cual es considerada también por la PCA

De acuerdo con la Ley de Miner, los materiales deberían fallar cuando el daño por fatiga sea igual a la unidad, sin embargo, debido a la variabilidad del concreto y a los diversos factores que rigen la falla por fatiga, la fractura puede presentarse para valores menores o mayores que uno.

Por lo tanto, el daño ocurre cuando la suma de las relaciones de daño alcanza el valor de 1.00 o del 100% si se considera como porcentaje, pero debido a las variabilidades del concreto y a los diversos factores que rigen la falla por fatiga, el daño no ocurrirá de una vez cuando la proporción alcance exactamente el valor del 100%. Si se utilizan los valores medios de parámetros para el diseño, una relación de daños del 100% significa que la probabilidad de falla es del 50%, es decir, se producirán grietas por fatiga en el 50% del área.

### **Modelos de elementos finitos EverFE 2.25**

- Los modelos de elementos finitos con el modelador tridimensional elástico EverFE 2.25 se validó mediante el método analítico “Westergaard 1948”. Las Figs. 2, 3, 4 y 5 muestran elementos finitos que se emplea el software (Davids, Wang, Turkiyyah, Mahoney & Bush, 2003). El EverFE 2.25 trabaja con mallados de varios grados de refinamiento y se compone de 6 interfaces que realizan distintas funciones:
- Geometry, contiene una herramienta CAD que le permite construir un modelo geométrico e introducir los datos característicos de las capas y definir límites de dominio del modelo.
- Material, almacena los parámetros de rigidez de cada uno de los materiales, densidades, coeficiente de expansión térmica del concreto hidráulico y las condiciones de liga entre las capas.

- Loading, guarda los parámetros de carga, tipo de eje, lado y ancho del contacto de rueda (área de contacto rectangular), ubicación sobre el plano x-y de la losa y carga por temperatura.
- Dowel, contiene los parámetros de rigidez y geometría de las dovelas y barras de amarre, además, condiciones de liga entre las dovelas y el concreto hidráulico de la losa.
- Interlock, guarda abertura de las juntas con su respectiva rigidez, acompañado de la opción de modelo lineal a no lineal.
- Meshing, calcula los parámetros de mallado.
- Solver, ejecuta el solucionador de los elementos finitos.
- Results, permite obtener resultados del análisis.

Los pasos típicos en el proceso de análisis de problemas utilizando EverFE 2.25, son: ingresar datos de dimensionamiento, número de capas, condiciones de frontera, espesores y parámetros de rigidez, otros factores inherentes al material (densidades y coeficiente de expansión térmica del concreto hidráulico), carga, ancho y largo del área de contacto (el programa trabaja con área de contacto rectangular) espaciamiento de las llantas, carga por temperatura, dovelas y barras de amarre con sus propiedades geométricas, de rigidez y liga con el concreto hidráulico, rigidez y abertura de las juntas, elegir combinación de mallado, ejecuta el solucionador y obtiene el resultado (Davids, 2000).

### **Funciones de transferencia PCA**

Las funciones de transferencia de la Portland Cement Association (PCA) (Packard & Tayabji, 1985), usadas para calcular el número permitido de repeticiones de carga.

**Figura 6 Transferencia del PCA**

$$N_f = 10^{\frac{11.737 - 13.027(\frac{\sigma}{S_c})}{\frac{\sigma}{S_c}}} \text{ para } \frac{\sigma}{S_c} \geq 0.55 \quad (6)$$

$$N_f = \left( \frac{4.2577}{\frac{\sigma}{S_c} - 0.4326} \right)^{3.268} \text{ para } 0.45 \leq \frac{\sigma}{S_c} < 0.55 \quad (7)$$

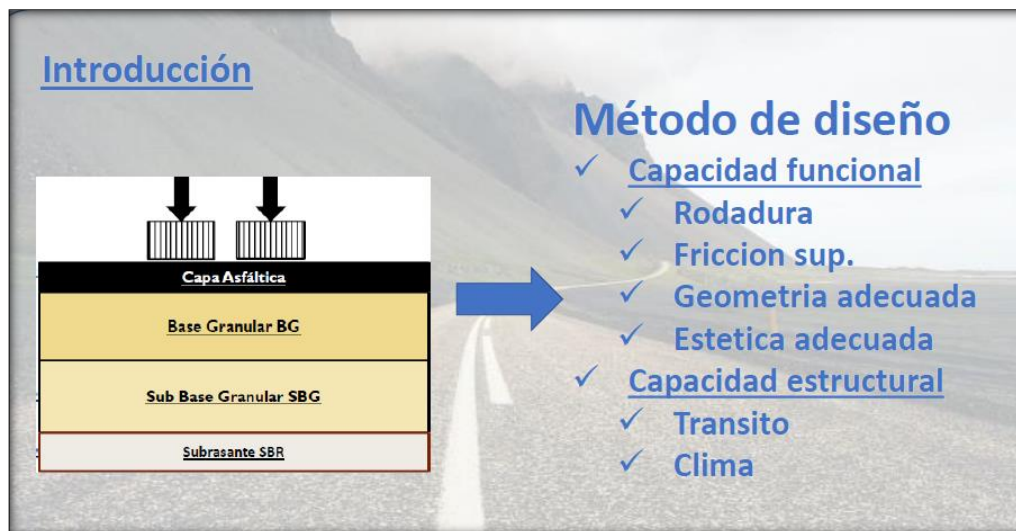
$$N_f = \text{Sin límite para } \frac{\sigma}{S_c} \leq 0.45 \quad (8)$$

Donde  $N_f$  número de repeticiones de carga permitidos,  $\sigma$  esfuerzo de tensión aplicado,  $S_c$  módulo de rotura del concreto y  $\frac{\sigma}{S_c}$  relación de esfuerzo.

## PAVIMENTO FLEXIBLE.

Los pavimentos flexibles son sistemas en capas fabricados con materiales caros y de alta calidad en la parte superior, donde las tensiones son mayores, mientras que la parte inferior está formada por materiales más baratos y de menor calidad, porque las tensiones disminuyen con la profundidad de la capa. Según Huang<sup>11</sup>, la sección de un pavimento flexible está conformada, comenzando desde la parte superior, de la siguiente manera: Seal coat (capa de sellado), surface course (capa de rodadura), tack coat (riego de liga), binder course (capa aglutinante), prime coat (capa de imprimación), base course (base), subbase course (subbase), compacted subgrade (subrasante) y natural subgrade (suelo de fundación). Puede ver las sección descritas en la imagen a continuación.

**Figura 7 Sección de Pavimento Flexible**



## ASFALTO.

Es un material aglomerado de color oscuro formado por una mezcla de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular obtenidos del petróleo crudo en el que se disuelve. Se



obtienen por la evaporación natural de un depósito de la superficie terrestre denominados Asfaltos.

**BASE.** \_ La base es la capa que se encarga de absorber las fuerzas transmitidas por las cargas del vehículo y distribuir las uniformemente las capas de sub-base y subrasante.

**SUBBASE.** \_ Es una determinada capa de material con un espesor diseñado que soporta la base y a la carpeta asfáltica.

**SUBRASANTE.** \_ Capa de material especificado y con un espesor de diseño, cual soporta la base y la carpeta asfáltica.

**FISURAS.** \_ La figuración tiende a comenzar en la parte inferior de la capa de asfalto, donde las tensiones de tracción son mayores bajo carga.

**FATIGA.** \_ La fatiga del pavimento se debe principalmente a cambios en la estructura interna causados por la deformación repetida de los materiales (bajas temperaturas), se desarrollan en formas poligonales con aristas en ángulo.

**AHUELLAMIENTO.** \_ Es la depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de vehículos.

**DESGASTE.** \_ Corresponde al desgaste del pavimento provocado principalmente por el tránsito y la exposición a sustancias abrasivas o erosivas. Esto se debe a la pérdida de cola y lechada.

### **PERDIDA DE ARIDOS.**

También llamada descomposición, corresponde a la disolución superficial.

La capa rodante se forma por la pérdida gradual de áridos, lo que hace que la superficie se vuelva más rugosa y esponja gradualmente el material al tráfico y a los factores climáticos.

**ONDULACIONES.** \_ Es un daño que se caracteriza por la aparición de ondas en la superficie del pavimento, que suelen ser perpendiculares a la dirección del tránsito, con unas longitudes entre las crestas usualmente menores a 1,0 m.

**RODADERAS.** \_ Es una depresión longitudinal en superficie en la zona de paso de ruedas. Las roderas tienen desplazamientos transversales asociados.

## **DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES**

A medida que la ingeniería de pavimentos ha evolucionado, han surgido varios métodos de diseño, algunos de los cuales se basan en información simple y utilizan reglas prácticas para determinar el espesor final del recubrimiento, mientras que otros requieren pruebas y procedimientos más complejos de programas de cálculo avanzados<sup>35</sup>. En el desarrollo de la presente tesis, se diseñarán los pavimentos flexibles empleando dos metodologías diferentes: Método AASHTO 1993 y Método del Instituto del Asfalto.

**MÉTODO AASHTO 1993** El procedimiento de diseño recomendado por la AASHTO está basado en los resultados de los extensivos ensayos de carretera AASHO (AASHO Road Test) llevados a cabo en Ottawa, Illinois, a finales de los 50's y a comienzos de los 60's. El comité de diseño de la AASHTO publicó primero una guía de diseño provisional en 1961. Esta guía fue revisada en 1972 y 1981. En el periodo de 1984-1985, el subcomité de diseño de la AASHTO y equipo de consultores expandieron la guía, y publicaron la guía actual en 1986. Esta guía fue revisada en 1993 y no hubo alguna modificatoria en los métodos de diseño; los que serán presentados a continuación.

Variables de diseño

- Tránsito de diseño; el número de ejes equivalentes (ESAL) se halló anteriormente en el capítulo 3 y corresponde al valor de  $12.00 \times 10^6$  de ejes equivalentes para el caso del pavimento flexible.
- Confiabilidad; el nivel de confiabilidad (R) es seleccionado en función de la clasificación funcional de la carretera, dependiendo si se encuentra en una zona urbana o rural. La confiabilidad es a probabilidad de que el pavimento tendrá una duración para el periodo de diseño sin presentar fallas en las estructuras. Un mayor valor de la confiabilidad asegurará un mejor comportamiento, pero se requerirá mayores espesores de capa. De acuerdo a la tabla 2.2 de la página II-9 de la guía de la AASHTO, que muestra a continuación, considerando que la carretera corresponde a una interestatal rural, el nivel de confiabilidad oscila entre 80 y 99.9.

### **CAPITULO III. METODOLOGIA**

#### **3.1 Ambito**

El ámbito de estudio para la investigación se define de manera específica y geográfica, centrándose en jr Bella Durmiente situadas en el distrito de Amarilis, en la Provincia de Huánuco, dentro del Departamento de Huánuco.

Este enfoque geográfico delimita claramente el alcance de la investigación, concentrándose en una región específica de importancia, que es el distrito de Amarilis, en la Provincia de Huánuco, en el Departamento de Huánuco. La elección de esta avenida indica la relevancia de abordar problemas asociados con la infraestructura vial en entornos urbanizados y con características específicas.

### 3.2 población

La población de estudio lo han conformado los consultores Ingenieros civiles en la especialidad en vías, en las zonas adyacentes del proyecto Huánuco y Pasco, Lima en dicha muestra se tomará a 120 ingenieros

### 3.3 Muestra

Para determinar la muestra se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Que, luego de aplicar la fórmula anterior el resultado ha sido

120
-----

### Tipo de Muestreo

Se utilizó un muestreo **probabilístico**

### 3.4 Nivel y tipo de estudio

El nivel de investigación es el descriptivo – explicativo, aplicando el principio de causalidad (causa – efecto).

**Enfoque:** El tipo de estudio es de enfoque cuantitativo.

### Tipo de Investigación

### **Según su finalidad**

**Investigación Aplicada.** Ya que se aplican nuevas técnicas de diseño y construcción de para la estabilización de taludes, incorporando la geomalla biaxial como alternativa de refuerzo, drenaje, etc., que permita optimizar recursos y presupuesto en obras viales.

### **Según el grado de manipulación de las variables**

*Cuasi experimental* debido a que la presente investigación se realizó sin manipular deliberadamente las variables para establecer o comprobar las hipótesis, puesto que, todas las comprobaciones serán netamente mediante cálculos matemáticos, mediante el uso de la estadística descriptiva.

### **3.5 Diseño de Estudio**

**Cuasi experimental,** debido a que la información presenta valores sin manipular producto de estudios realizados con la finalidad de plasmar las variables sin ningún tipo de intervención externa, así mismo para la búsqueda de resultados y la demostración de las hipótesis se aplicarán ecuaciones teóricas que nos ayudaran a realizar nuestra corroboración de hipótesis.

### **3.6 Métodos, Técnicas e instrumentos**

En la presente investigación se han utilizado los siguientes métodos:

- Método Inductivo;
- Método Deductivo y;
- Método Analítico.

**Método Inductivo.** - Habiendo partido del estudio del sostenimiento del proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”

**Método Deductivo.** - Habiendo partido del estudio de las losas de geometría optimizada, se ha llegado hasta la resistencia de concreto a módulo de rotura de 4.8MPA en el proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”

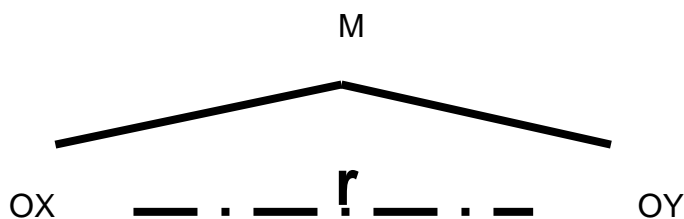
Porque nos permitió observar y describir las características de geometría del pavimento a diseñar en el comportamiento estructural en base a la contracción del concreto y alabeo térmico

Observación de pruebas de estudios de suelos, análisis del expediente técnico.

### Instrumento

- **Recopilación de datos**

Mediante la aplicación de cuestionarios a la población de estudio.



Dónde:

M=Muestra de estudio

Ox=propiedades mecánicas

Oy=propiedades hidráulicas

R=Relación entre las dos variables

### **3.7 validación y confiabilidad de instrumento**

La validación se realizará a través del juicio de expertos por 3 ingenieros civiles egresados de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Este es un método útil para demostrar la validación del instrumento, debido a que se basara en la opinión informada de especialistas de la materia que podrán dar datos, valoraciones, evidencias y juicios.

### **3.8 procedimiento**

Análisis de Datos

Mediante hojas de cálculo en el programa Excel para ayudarnos en el procesamiento de los datos; mediante la prueba de la chi cuadrada.

### **3.9 Tabulación y análisis de datos**

#### **Prueba de la Chi Cuadrada**

Antes de iniciar la prueba, se presenta las tablas estadísticas que fueron elaboradas sobre la base de los cuestionarios aplicados a la población de estudio. Así tenemos:

### **INDICADOR No. 01 RESISTENCIA DE LA TENSIÓN**

Una parte importante en la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de suelos reforzados en todos los muros de sostenimiento para estabilización de taludes aplicado en el proyecto “mejoramiento de la carretera ninacaca-huachon –

pasco – 2021, en cuanto a la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el presente proyecto; se ha obtenido los siguientes resultados que, sirvieron para ejecutar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

**Pregunta 01:**

**¿La resistencia de la tensión permite optimizar el espesor de las losas del proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”**

Las respuestas fueron:

**INDICADOR No. 01 RESISTENCIA DE LA TENSIÓN**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	15	37.5
b) DE ACUERDO	17	42.5
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	5	12.5
d) MUY EN DESACUERDO	2	5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 37.5% quiere decir que, está muy de acuerdo que, la resistencia de la tensión juega un rol muy relevante en la *aplicación de losas cortas del proyecto* “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”; mientras que



42.5% está de acuerdo, 12.5 manifiesta que no conocen el tema, el 5% está muy en desacuerdo y el 2.5% manifiesta estar en un desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 26.88$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 26.88 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba X<sup>2</sup> es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la resistencia a la tensión en el proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” permite la *aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes; en dicho proyecto, es importante.*

## **INDICADOR No. 02**

### **TIPO DE MATERIAL**

Un rubro importante en aplicación del concreto con un moduo de rotura de 4.8 MPA al proyecto ““MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, en cuanto al tipo de material al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el proyecto ; han manifestado el aspecto

relevante el tipo de materiales a utilizar; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

**Pregunta 02:**

**¿El tipo de material permite el mejoramiento “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”Las respuestas fueron:**

**INDICADOR No. 02**

**TIPO DE MATERIAL**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	14	35
b) DE ACUERDO	18	45
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	2	5
d) MUY EN DESACUERDO	5	12.5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 35 % es que, está muy de acuerdo que, el tipo de material juega un papel relevante en aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” ; mientras que un 45 % estar de acuerdo, el 12.5% manifiesta muy en desacuerdo y el 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba  $\chi^2$ .

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba  $\chi^2$ .

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $\chi^2 = 24.25$

4. Valor de  $\chi^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $\chi^2 = 24.25 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba  $\chi^2$  es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, el tipo de material para el “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”, permite la aplicación de losas cortas

### **INDICADOR: No. 03: ABERTURA**

Un rubro importante en aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”, al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles en cuanto a la abertura que participan en el proyecto; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

**Pregunta 03:**

¿La abertura permite el “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”

Las respuestas fueron:

**INDICADOR No. 03****ABERTURA**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	13	32.5
b) DE ACUERDO	18	45
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	7	17.5
d) MUY EN DESACUERDO	1	2.5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>nTOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 32.5% es que, está muy de acuerdo que, el tratamiento de la abertura juega un papel relevante en aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” ; mientras que un 45% está de acuerdo, el 17.5% manifiesta desconocer el tema, el 2,5% muy en desacuerdo y, el 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

1. Nivel de significación = 0.05
2. Grado de libertad = 4
3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 27.88$
4. Valor de  $X^2$  c = 9.488

5. Comparación =  $X^2 = 27.88 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba  $X^2$  es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la abertura para el “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, permite la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes; en dicho proyecto, permite el mejoramiento del proyecto, es relevante.

#### **INDICADOR: No. 04: RIGIDEZ**

Un rubro importante en aplicación de modulo de rotura de 4.8 MPA aplicado al proyecto ““MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el proyecto en cuanto a la rigidez; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

#### **Pregunta 04:**

**¿La rigidez permite “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”**

Las respuestas fueron:

#### **INDICADOR No. 04**

#### **RIGIDEZ**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>

a) MUY DE ACUERDO	12	30
b) DE ACUERDO	19	47.5
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	4	10
d) MUY EN DESACUERDO	3	7.5
e) EN DESACUERDO	2	5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 30 % es que, está muy de acuerdo que, la rigidez juega un papel importante en la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la, estabilización de taludes aplicado al “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”; mientras que un 47.5% está de acuerdo, el 10% manifiesta desconocer el tema, el 5% está muy en desacuerdo y, 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 24.75$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 24.75 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba X<sup>2</sup> es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la rigidez en el proyecto “MEJORAMIENTO

DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” Se permite el uso de geomallas biaxiales para la estabilización mecánica del suelo endurecido en los muros de contención para la estabilización de taludes, por lo tanto, se permiten mejoras en el proyecto.

### **INDICADOR: No. 05: BAJO PLASTO DEFORMACIÓN**

Un área importante de aplicación de geomallas biaxiales es la estabilización mecánica de muros de contención para reforzar suelos para estabilizar taludes. aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el proyecto; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

#### **Pregunta 05:**

**¿Baja deformación permite “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”**

Las respuestas fueron:

### **INDICADOR No. 05 BAJO PLASTO DEFORMACIÓN**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	12	30
b) DE ACUERDO	18	45
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	5	12.5
d) MUY EN DESACUERDO	3	7.5
e) EN DESACUERDO	2	5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 30% es que, está muy de acuerdo que, el bajo plasto deformación permite el mejoramiento en la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” ; mientras que un 42.5% está de acuerdo, el 12.5% manifiesta desconocer el tema, el 7.5% muy en desacuerdo y el 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 22.13$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 22.13 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba X2 es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, el bajo plasto deformación permite el mejoramiento en la aplicación del “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”permite la aplicación de geomallas biaxiales en la



estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes; en dicho proyecto.

### **INDICADOR: No. 06: INCREMENTO DE LA VIDA ÚTIL**

Es un proyecto importante para la aplicación de geomalla biaxial en la estabilización mecánica del suelo de contención de muros de contención y es adecuado para la estabilidad de taludes de ingeniería. “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, el análisis de la vida útil de dicha carretera, al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el proyecto; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

#### **Pregunta 06:**

**¿El incremento de la vida útil permite “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022”**

Las respuestas fueron:

### **INDICADOR: No. 06**

#### **INCREMENTO DE LA VIDA ÚTIL**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	14	35
b) DE ACUERDO	18	45
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	5	12.5
d) MUY EN DESACUERDO	2	5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 35% , está muy de acuerdo que, el incremento de la vida de la carretera permite una mejor aplicación geomallas biaxiales para la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”; mientras que un 45% está de acuerdo, el 12.5% manifiesta desconocer el tema, el 5% opina por estar muy en desacuerdo y, el 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 27.63$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 27.63 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba X2 es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la el análisis de la vida útil de la carreta del proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, permite la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes; en dicho proyecto.

#### **INDICADOR: No. 07: REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Es un rubro importante en el aplicación de geomallas biaxiales en la Estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la

estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”; la Reducción en el volumen de movimiento de tierras; al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles que participan en el proyecto; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

**Pregunta 07:**

**¿La reducción del volumen “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”?**

Las respuestas fueron:

**INDICADOR: No. 07**

**REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	16	40
b) DE ACUERDO	15	37.5
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	6	15
d) MUY EN DESACUERDO	2	5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

La percepción que tiene el 40% , está muy de acuerdo que, se considere en el proyecto la reducción del volumen del movimiento de tierras aplicación de losas cortas al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” ; mientras que un 37.5% están de acuerdo, el 15% manifiesta no conocer el tema, el 5% está en muy desacuerdo y el 2.5% manifiesta estar muy desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X<sup>2</sup>.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 24.75$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 24.75 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba X<sup>2</sup> es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la Reducción del volumen del movimiento de tierras en el proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”

#### **INDICADOR: No. 08: RESISTENCIA A CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA**

Este rubro de resistencia a carga estática y dinámica es muy importante en la aplicación de losas cortas aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, para mejorar el proyecto antes mencionado; Al realizar una encuesta a los profesionales de la ingeniería civil involucrados en el proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales sirvieron para probar científicamente las hipótesis. Así que ahí lo tenemos

**Pregunta 08:**

¿La resistencia de carga estática y dinámica permite “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”?

Las respuestas fueron:

**INDICADOR: No. 08****RESISTENCIA A CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	15	37.5
b) DE ACUERDO	17	42.5
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	4	10
d) MUY EN DESACUERDO	2	5
e) EN DESACUERDO	2	5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 37.5%, están muy de acuerdo que, La resistencia de carga estática y dinámica que permite el “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, mientras que el 42.5% están de acuerdo, el 10% manifiesta que desconocen el tema, el 5% está muy en desacuerdo y el 5% manifiesta que está en desacuerdo.

Para identificar si los datos obtenidos son verídicos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a aplicar la prueba X2.

1. Nivel de significación = 0.05

2. Grado de libertad = 4

3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 25.25$

4. Valor de  $X^2_c = 9.488$

5. Comparación =  $X^2 = 25.25 > 9.488$

6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba  $X^2$  es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verídico que la gran mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, La resistencia de carga estática y dinámica permite el “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, en la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”

#### **INDICADOR No. 09 REDUCCIÓN EN EL IMPACTO EN LA EMISIÓN DE CARBONO EN EL ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN REALIZADAS**

Un rubro importante en la aplicación de losas cortas como la reducción de paquete estructural aplicado al “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ” al aplicar la encuesta a los profesionales Ingenieros Civiles sobre la reducción en el impacto en la emisión de carbono en el análisis de construcción realizadas que participan en el proyecto; se han obtenido los siguientes resultados que, han servido para realizar las pruebas científicas de la hipótesis. Así tenemos

**Pregunta 09:**

¿La reducción en el impacto de la emisión de carbono en el análisis de construcciones realizadas permite “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”?

Las respuestas fueron:

**INDICADOR No. 09****REDUCCIÓN EN EL IMPACTO EN LA EMISIÓN DE CARBONO EN EL ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN REALIZADAS**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>
a) MUY DE ACUERDO	16	40
b) DE ACUERDO	18	45
c) NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	3	7.5
d) MUY EN DESACUERDO	2	5
e) EN DESACUERDO	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Fuente : Propia

La percepción que tiene el 40% es que, está muy de acuerdo que, reducción en el impacto en la emisión de carbono en el análisis de construcción realizadas que participan en el proyecto juega un papel relevante en aplicación aplicado al proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”; mientras que un 42.5% está de acuerdo, el 5% manifiesta desconocer el tema y el 2.5% manifiesta estar en desacuerdo

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

Para conocer si los datos obtenidos son verdaderos o debidos al azar o errores de muestreo se procedió a la aplicación de la prueba X2.

1. Nivel de significación = 0.05
2. Grado de libertad = 4
3. Aplicación de la prueba =  $X^2 = 31.13$
4. Valor de  $X^2_c = 9.488$
5. Comparación =  $X^2 = 31.13 > 9.488$
6. Conclusión = Dado que el valor calculado de la prueba  $X^2$  es mayor, se afirma que existen diferencias significativas y es verdad que la mayoría de Ingenieros Civiles del proyecto consideran que, la reducción en el impacto en la emisión de carbono en el análisis de las construcción realizadas que participan en el proyecto “MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022 ”, permite la aplicación de geomallas biaxiales en la estabilización mecánica de los suelos reforzados en los muros de sostenimiento para la estabilización de taludes; no son favorables.

### **3.10 Consideraciones Éticas**

Los aspectos éticos que se tomaran en cuenta en la presente investigación son la confiabilidad de los datos recolectados, los mismos obtenidos a través del estudio de suelos con la finalidad de obtener parámetros que son necesarios para el diseño de Muro de Suelo reforzado con geo mallas un axiales; la confiabilidad en los fundamentos teóricos habiendo consignado las respectivas citas bibliográficas que demostraran la hipótesis de estudio.



## **CAPITULO IV DISCUSIÓN**

### **DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CON GEOMETRIA OPTIMIZADA**

Dentro del alcance del estudio de rehabilitación para la Construcción de pistas y veredas en la urbanización Santa Elena se ha decidido presentar una alternativa a los pavimentos tradicionales debido a las ventajas que en este caso reviste el uso de pavimentos rígidos en el tramo en cuestión.

Se trata de una carretera vecinal con cargas estacionales. La zona tiene un problema a considerar, el cual es el arrastre excesivo de material desde las partes altas hacia dichos puntos. Dichas vías no contaban con pavimentación, por lo cual se planteó en un principio la construcción de pavimento asfáltico, pero luego de un estudio más detallado y dadas las condiciones de dicha zona a intervenir, se decidió replantear a un pavimento de concreto.

### **ANTECEDENTES**

Dado que el tipo de diseño a emplear para la ejecución del presente expediente conlleva el uso de una nueva tecnología conocida como TCP (Pavimentos con Espesor Optimizado), se tomaron como referencia para los parámetros del diseño de pavimentos, los estudios realizados en Chile, los cuales a su vez fueron plasmados en campo, dando resultados mucho más óptimos que el pavimento de uso tradicional con el que se suele trabajar.

### **DISEÑO DE PAVIMENTOS**

El sistema TCP consiste en optimizar el espesor de los pavimentos, considerando la relación entre la ubicación relativa de las cargas de las ruedas y la geometría de las losas del pavimento, donde: cada losa solo cargue un set de ruedas. Los cálculos se han ejecutado utilizando el sistema TCP, mediante el software de diseño OPTIPAVE que se basa en un análisis de elementos finitos, especial para análisis de pavimentos de caminos apoyados en el suelo.

Filosofía del método utilizado en el diseño de estructuras de pavimento.

Se basa en los siguientes objetivos básicos:

Optimice estructuralmente la respuesta a las solicitudes de carga y funciones de soporte.

Desde el punto de vista constructivo, es necesario asegurarse de que cumpla con las características y condiciones técnicas del proyecto.

Minimiza tu impacto potencial en el medio ambiente.

## CAPITULO V RESULTADOS

Las variables de diseño que se consideran en el programa de cálculo OPTIPAVE son las siguientes:

### DISEÑO

Vida de Diseño	20
Largo Losa (m)	1.65
Espesor Losa (mm)	140
Tipo de Borde	Libre
Losa Exterior con Sobreancho	No

Barras de Transferencia de Carga	No
Dren Lateral	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
IRI Inicial de Construcción (m/km)	3.0
Porcentaje Máximo de Losas Agrietadas Admisible	11%
IRI Máximo Permitido (m/Km)	4.5
Escalonamiento Promedio Máximo Permitido (mm)	5.0
Confiabilidad de Diseño	80%

## TRÁFICO

Método de Análisis de Tráfico	Espectro de Carga
Clasificación del Tráfico	STREETPAVE RESIDENTIAL
Tasa de Crecimiento Anual de Tráfico	3%
Distancia Huella a Línea de Demarcación (cm)	450
Desv. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm)	250
TMDA Inicial (Ambos Sentidos) Solo Vehículos Relevantes	1,098
Porcentaje de Tráfico en Dirección de Diseño	50%
Porcentaje de Tráfico en Pista de Diseño	100%
Porcentaje de Tráfico en Verano	50%

## CONCRETO

Tipo de Ensayo de Resistencia	Flexotracción
Edad de Ensayo	28 Días
Resistencia (Mpa)	4.5
Confiabilidad Diseño de Hormigón	80%
Desviación Estándar Diseño de Hormigón (Mpa)	0.4
Aumento Resistencia 29 a 90 Días	1.1
Módulo de Elasticidad (Mpa)	29,000
Peso Específico (Kg/cm3)	2,400
Módulo de Poisson	0.15
Coeficiente de Dilatación Térmico (1/°C)	1.00E-05
Retracción a 365 Días (micr)	700
Contenido de Aire	3%
Relación Agua/Cemento	0.45
Resistencia Final (Mpa)	5.3
Fibra Estructural	Sí
Método Calculo Fibra	ASTM 1609
Resistencia Residual (Mpa)	1

## CLIMA

País	generic
Zona	Dry-nonfreeze
Gradiente Equivalente de Construcción (°C)	-10
Temperatura Media Invierno (°C)	15
Temperatura Media Verano (°C)	25
Temperatura Fraguado del Hormigón (°C)	40
N° de Días al año Con Precipitaciones	182

Índice de Congelamiento de la Base	5%
------------------------------------	----

## SUELO

N° Capas	1
Resistencia a la Erosión	3
Coefficiente de fricción Pavimento-Base	0.65
Porcentaje Material Fino	0%
<b>Subrasante</b>	
Módulo Resiliente Invierno (Mpa)	84
Módulo Resiliente Verano (Mpa)	95
Módulo Poisson	0.35
<b>Base</b>	
Módulo Resilente (Mpa)	648
Módulo de Poisson	0.35
Espesor (mm)	100.0

Con esta nueva proposición, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales.

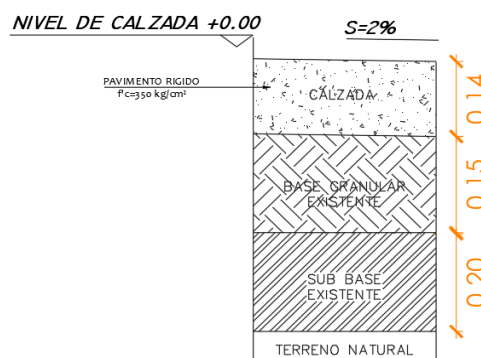
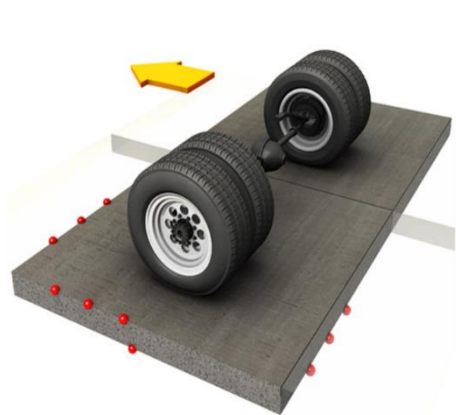
Esto permite adelgazar el espesor de los pavimentos según los cálculos expresados en los puntos anteriores.

La proposición final para 20 años de diseño es: Dado las condiciones ambientales y el tipo de suelo en la zona, el óptimo de diseño son losas con modulación de  $165 \pm 15$  cm. de ancho x  $165 \pm 40$  cm. de largo y 14 cm de espesor mínimo del concreto especificado con una base Granular de 15 cm existente.

## CONSTRUCCIÓN

### ESPESOR Y DIMENSIONES DE LOSAS:

Se utilizará estrictamente los espesores y dimensiones de losas indicados en este informe, calculados por el método de diseño TCP® para pavimentos de losas optimizados, (según patente de invención en Perú, INDECOPI N° 5940).



### DETALLE DE PAVIMENTO

ESC.: 1/10

### CURADO:

Una vez terminados los trabajos de acabado y texturizado, es decir realizado el rayado de la superficie del concreto, este se deberá curar, siendo las recomendaciones del diseño TCP\* un curado en dos etapas:

1. Colocar retardador de fraguado: este producto se debe colocar una vez realizada la terminación superficial del concreto, con el hormigón aún fresco.

Este producto evitará las primeras fisuras por retracción plástica y disminuirá el alabeo de construcción por secado de la superficie.

2. Colocar membrana de curado tradicional: Una vez terminada la exudación del concreto, es decir apenas endurecido éste, se aplicará la membrana de curado tradicional protegiendo el hormigón de la evaporación de la superficie con efectos similares descritos en el punto anterior

En caso de que la temperatura en la noche sufra descensos importantes (mayor a 10°C) se recomienda complementar este curado, mediante la colocación de una aislación térmica superficial como geotextil grueso o polietileno con burbujas (las burbujas tocando la superficie del pavimento), materiales que deberán cubrir el concreto por lo menos la primera noche, colocado 1 hora después de realizada la última etapa de curado.

Esta aislación permite disminuir el alabeo inicial de las losas, además de acelerar la apertura al tráfico.

### **CORTE DE JUNTAS:**

Se deberá cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas (aproximadamente 6 horas). El corte debe ser de un tercio del espesor de la losa. El contratista debe considerar el curado del concreto y la temperatura ambiente.

Determina el momento en el que se debe realizar el corte de costuras, se debe realizar lo antes posible. Se pueden evitar las grietas debidas al corte tardío y se puede reducir la tensión de torsión de la placa. Para hacer esto, necesitas recursos, equipos y muchas sierras para metales. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales por lo menos una por medio, y luego el corte longitudinal restante y realizándose el resto de los cortes intermedios, tan pronto como sea posible.

La secuencia de los cortes es importante para el comportamiento futuro. Se deberá disponer de por lo menos 3 equipos de corte para efectuar la faena de corte del concreto. El corte se deberá realizar con sierra delgada de 2.0 a 2,5 mm de ancho para evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta. La junta no se sellará

### **SELLO DE JUNTAS:**

El Diseño de pavimentos TCP no contempla sello de juntas. El corte  $\leq 2.5$  mm; de espesor evita el ingreso de partículas incompresibles y la base con menos de 8% de finos es drenante, por lo que saca el agua bajo las losas. Esta base debe continuarse hasta el borde del camino y conectarla a los drenajes y en calles urbanas conectarla a las alcantarillas.

## **ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR**

### ***INTRODUCCIÓN***

El estudio de tráfico nos proporciona una estadística del tránsito existente en determinado sector de las vías con la cual se podrá efectuar la decisión prioritaria para el estudio del presente Expediente Técnico del proyecto de Pavimentación de Pistas en la Urb. Santa Elena.

El volumen promedio de tráfico que ocurre en un período de 24 horas generalmente se calcula dividiendo el número de vehículos que pasan por un punto determinado en un período de tiempo determinado por el número de días en ese período. Se sabe que una de las mayores influencias en el diseño del pavimento es el tipo y número de vehículos que circulan por la vía, ya que las cargas que estos vehículos transfieren al suelo y su



capacidad portante determinarán el espesor del pavimento. Las capas que forman la superficie de la carretera. Para poder obtener la cantidad y el tipo de vehículos que transitan y transitarán por esta zona se ha realizado el respectivo Estudio de Tráfico Vehicular.

### ***ESTUDIO DE TRÁFICO***

El conteo de tráfico se realiza para tener una estadística real del volumen de tránsito vehicular diario que pasan por un punto predeterminado de acuerdo a la clasificación según su capacidad de carga.

#### ***01 VEHÍCULOS LIGEROS***

Son vehículos libres con propulsión destinados al transporte, tienen 10 asientos como máximo, este tipo de vehículos comprende: automóviles, camionetas rurales y combis.

#### ***02 VEHÍCULOS PESADOS***

Son vehículos destinados para transporte de personas y de carga que sobrepasan los 4000 Kg. Entre ellos tenemos ómnibus, camiones, semitrailer y tráiler.

### ***ÍNDICE MEDIO DIARIO (I.M.D.)***

Es el volumen de tránsito que circula durante las 24 horas. Para el estudio el conteo de tráfico se ha realizado para un periodo de 07 días (07/03/22 al 13/04/22), durante 24 horas continuas, teniendo en cuenta que la mayor circulación de vehículos por esta zona se produce en horas de la mañana y de la tarde.

Los puntos determinados para el conteo vehicular, durante las 24 horas del día, se han establecido 03 punto de control teniendo en cuenta las vías de mayor tráfico vehicular, ubicándose así en la siguiente estación:

#### **Punto de Control**

1. Jr. Bella Durmiente
2. Jr. Sinaí

### 3. Jr. Haya de la Torre

Para realizar un acopio de datos del movimiento vehicular según tipo de vehículo nos permitirá cuantificar con mayor precisión, se ha utilizado el formato de clasificación

#### ***TRANSITO EQUIVALENTE***

Los resultados de las pruebas en carretera de AASHTO muestran que el daño que produce un eje con una carga determinada puede representarse por el número de pasadas de un eje simple de 80 KN (8,16Ton.) de rueda doble, considerado como eje patrón, que produce un daño similar. Diferentes configuraciones de ejes y cargas causarían diferentes daños al pavimento, pudiendo asociarse dicho deterioro al producido por un determinado número de ejes convencionales de 80KN de carga por eje simple de rueda doble.

**Equivalencia de Cargas:** Un eje de peso “L” hace bajar el índice de serviciabilidad inicial “ $p_i$ ” a un valor final “ $p_f$ ” después de NL pasadas. Si tomamos un eje de referencia de 18.000 Lbs. se necesitará N18 pasadas para producir efecto destructor. Se puede decir que ambos tránsitos son equivalentes, dado que una pasada del eje de peso” “L equivale a (N18 / NL) pasadas del eje L18. El factor de equivalencia correspondiente al eje de peso L se conoce como  $F_{eq}$ .

El efecto que produce el paso de un eje sobre la estructura de un pavimento, expresado en el efecto que produce un eje tipo, se denomina Tránsito Equivalente

**Tránsito Equivalente** Acumulado: Esto corresponde al número total de ejes equivalentes que teóricamente necesitará el pavimento durante su diseño. Se obtiene al expresar las repeticiones de ejes esperadas en un eje patrón de 18.000 Lbs.

**NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE**

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carrit}} * Fca * 365)]$$

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = 2535738 \text{ EE}$$

**INDICE MEDIO DIARIO**

RUTA: HUANUCO - URB. SANTA ELENA      PROVINCIA: HUANUCO  
 CALLE: JR. BELLA DURMIENTE      DISTRITO: AMARILIS  
 UBICACIÓN: URB. SANTA ELENA  
 ESTACION: JR. BELLA DURMIENTE

HORA						TRANSPORTE DE CARGA		TOTAL
	BAJAJ MOTOCAR	AUTOS	STATION WAGON	CAMIONETA	MOTO	CAMIONES		
						2E	3E	
LUNES	660	138	7	231	240	7	0	1,283
MARTES	551	193	7	242	257	6	0	1,256
MIERCOLES	665	194	4	81	204	7	0	1,155
JUEVES	570	171	3	210	255	3	0	1,212
VIERNES	676	171	5	265	247	4	0	1,368
SABADO	411	102	7	148	165	4	0	837
DOMINGO	277	63	5	104	120	3	0	572
<b>TOTAL</b>	<b>3810</b>	<b>1032</b>	<b>38</b>	<b>1281</b>	<b>1488</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>7,683</b>
%	49.59	13.43	0.49	16.67	19.37	0.44	0.00	100.00
I.M.D.	544.29	147.43	5.43	183.00	212.57	4.86	0.00	1097.57
	<b>544</b>	<b>147</b>	<b>5</b>	<b>183</b>	<b>213</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1098.00</b>
			<b>1,093</b>			<b>5</b>		<b>1,098</b>

### INDICE MEDIO DIARIO

RUTA: HUANUCO - URB. MARIA LUISA      PROVINCIA: HUANUCO  
 CALLE: JR. SINAI      DISTRITO: AMARILIS  
 UBICACIÓN: URB. SANTA ELENA  
 ESTACION: ESQ. JR. SINAI

HORA	BAJAJ MOTOCAR	AUTOS	STATION WAGON	CAMIONET A	MOTO	TRANSPORTE DE CARGA		TOTAL
						2E	3E	
LUNES	395	83	7	147	146	6	0	784
MARTES	358	114	6	151	145	4	0	778
MIERCOLES	393	132	4	62	124	8	0	723
JUEVES	339	108	4	126	148	3	0	728
VIERNES	351	106	7	130	151	4	0	749
SABADO	239	56	6	92	92	5	0	490
DOMINGO	185	50	6	77	77	4	0	399
TOTAL	2260	649	40	785	883	34	0	4,651
%	48.59	13.95	0.86	16.88	18.99	0.73	0.00	100.00
I.M.D.	322.86	92.71	5.71	112.14	126.14	4.86	0.00	664.43
	323	93	6	112	126	5	0	664.00
			660			5		664

### INDICE MEDIO DIARIO

RUTA: HUANUCO - URB. SANTA ELENA      PROVINCIA: HUANUCO  
 CALLE: JR. HAYA DE LA TORRE      DISTRITO: AMARILIS  
 UBICACIÓN: URB. SANTA ELENA  
 ESTACION: JR. HAYA DE LA TORRE

HORA	BAJAJ MOTOCAR	AUTOS	STATION WAGON	CAMIONETA	MOTO	TRANSPORTE DE CARGA		TOTAL
						2E	3E	
LUNES	132	82	2	97	192	31	0	536
MARTES	155	62	3	104	238	33	0	595
MIERCOLES	182	53	2	34	271	11	0	553
JUEVES	143	64	3	81	193	27	0	511
VIERNES	138	79	1	97	200	23	0	538
SABADO	85	50	0	64	126	16	0	341
DOMINGO	52	30	1	34	65	15	0	197
TOTAL	887	420	12	511	1285	156	0	3,271
%	27.12	12.84	0.37	15.62	39.28	4.77	0.00	100.00
I.M.D.	126.71	60.00	1.71	73.00	183.57	22.29	0.00	467.29
	127	60	2	73	184	22	0	467.00
			445			22		467

<b>PUNTOS DE CONTROL</b>	<b>IMD</b>
<i>Jr. Bella Durmiente</i>	1098(VEH/DIA)
<i>Jr Sinaí</i>	664(VEH/DIA)
<i>Jr. Haya de la Torre</i>	467 (VEH/DIA)

En este estudio el procedimiento de análisis de tráfico vehicular, incorpora el concepto de cargas por eje simple equivalente a 18000 Lb (80KN), por lo tanto, es importante determinar el número de vehículos que transitan por las calles de la zona del proyecto y las cargas por ejes de estos. Para cada grupo se procederá a calcular el número de repeticiones por eje equivalente de 18,000 libras.

## ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### TRABAJOS DE CAMPO

Para la obtención de los parámetros obtenidos respecto a las características mecánicas de la base, fue necesaria la realización de ensayos en campo, del que se destaca el ensayo de cono de arena, cuyos resultados son mostrados en los anexos del presente informe.

### ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se comprobó la clasificación visual de las muestras se procedió a ejecutar con ellas:

Análisis granulométrico NTP 339.128

Humedad NTP 339.127

Compactación Proctor NTP 339.141

CBR NTP 339.145

Luego de realizar las pruebas de laboratorio se compararon sus resultados con las características de los suelos obtenidos en el campo, efectuándose las compatibilizaciones correspondientes en cada caso que era necesario. Obteniéndose así el perfil de suelo definitivo, que se presenta en las láminas del anexo, se encuentran los resultados de los ensayos y pruebas de laboratorio.

### **EVALUACIÓN DE LA BASE**

La base está constituida en gran porcentaje por grava y presencia de arena, los cuales se encuentran medianamente compactados debido a que dicha base ya fue conformada mediante la ejecución anterior del proyecto, dicha base tiene una profundidad de 0.15 m, sin embargo para tener una óptima conformación del concreto a implementarse, es necesaria una excavación de 0.06 m de la base y compactarlo logrando el 95% de máxima densidad seca obtenida en el ensayo Proctor Modificado para así tener un paquete estructural del pavimento mucho más funcional.

### **DESCRIPCIÓN DEL SUELO DE BASE**

La información obtenidos en los trabajos de campo y los resultados de los ensayos y pruebas del laboratorio, permiten inferir sobre las características y propiedades de suelos de base, de dichos resultados los más relevantes son la Máxima Densidad Seca la cual tiene un valor de 2.245 gr/cm<sup>3</sup> y el Óptimo Contenido de Humedad de 7.8 %. Los resultados obtenidos se detallan en los anexos de manera detallada para un mejor entendimiento.

## CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE BASE

La capacidad de soporte de los suelos, es generalmente regular, debido a las características y propiedades de cada suelo y los valores de C.B.R. obtenido en el Laboratorio

Se utiliza para la determinación del C.B.R. de la subrasante se consideró la variación de los diferentes tipos de suelos según el perfil estratigráfico, seleccionando para cada tipo de suelo muestras representativas para ser sometidas a ensayos y pruebas de laboratorio. Respecto a la parte probada el Informe de Mecánica de Suelos para el Proyecto: “Elaboración del expediente técnico del saldo de obra: “Construcción de pistas y veredas en la urbanización Santa Elena, Manzana A, B, C, D, E Distrito de Amarilis, Región Huánuco, Distrito de Amarilis – Huánuco – Huánuco”.

han realizado un total de 03 ensayos C.B.R. Las pruebas a las que se sometieron las muestras se encuentran dentro de lo establecido en las normas, y los valores han sido obtenidos para un 95% de la máxima densidad según el Proctor Modificado. Según la correlación estadística existente entre la Clasificación Unificada de Suelos y el valor de CBR, se tiene que el valor de CBR de los suelos finos, debe estar comprendido entre 03 y 20 y para suelos de grano fino estas deben estar entre 20 a 50 y mayores a estas; tal como se muestra en la siguiente tabla:

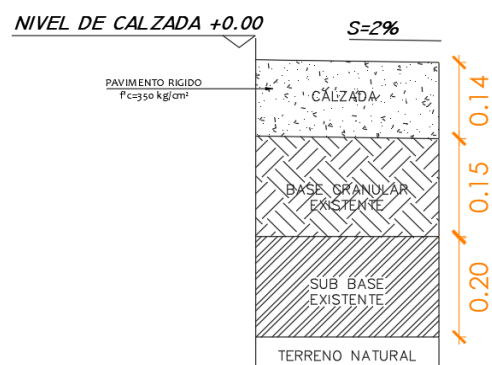
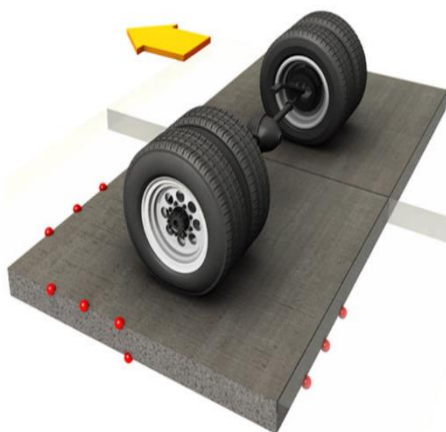
N° CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy Pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Muy pobre a Regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Sub base y base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A-1a, A2-4, A-3

## CONCLUSIONES

Con esta nueva proposición, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales. Esto permite adelgazar el espesor de los pavimentos según los cálculos expresados en los puntos anteriores. La proposición final para 20 años de diseño es: Dado las condiciones ambientales y el tipo de suelo en la zona, el óptimo de diseño son losas con modulación de  $165\pm 15$  cm. de ancho x  $165\pm 40$  cm. de largo y 14 cm de espesor mínimo del concreto especificado con una base Granular de 15 cm existente.

### ESPESOR Y DIMENSIONES DE LOSAS:

Se utilizará estrictamente los espesores y dimensiones de losas indicados en este informe, calculados por el método de diseño TCP® para pavimentos de losas optimizados, (según patente de invención en Perú, INDECOPI N° 5940).



### DETALLE DE PAVIMENTO

ESC.: 1/10



## CURADO

Una vez terminados los trabajos de acabado y texturizado, es decir realizado el rayado de la superficie del concreto, este se deberá curar, siendo las recomendaciones del diseño TCP\* un curado en dos etapas:

1. Colocar retardador de fraguado: este producto se debe colocar una vez realizada la terminación superficial del concreto, con el hormigón aún fresco.

Este producto evitará las primeras fisuras por retracción plástica y disminuirá el alabeo de construcción por secado de la superficie.

2. Colocar membrana de curado tradicional: Una vez terminada la exudación del concreto, es decir apenas endurecido éste, se aplicará la membrana de curado tradicional protegiendo el hormigón de la evaporación de la superficie con efectos similares descritos en el punto anterior

En caso de que la temperatura en la noche sufra descensos importantes (mayor a 10°C) se recomienda complementar este curado, mediante la colocación de una aislación térmica superficial como geotextil grueso o polietileno con burbujas (las burbujas tocando la superficie del pavimento), materiales que deberán cubrir el concreto por lo menos la primera noche, colocado 1 hora después de realizada la última etapa de curado.

Esta aislación permite disminuir el alabeo inicial de las losas, además de acelerar la apertura al tráfico.

## CORTE DE JUNTAS:

Se deberá cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la

superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas (aproximadamente 6 horas). El corte debe ser de un tercio del espesor de la losa.

El contratista debe considerar el curado del concreto y la temperatura ambiente.

Determina el momento en el que se debe realizar el corte de costuras, se debe realizar lo antes posible. Se pueden evitar las grietas debidas al corte tardío y se puede reducir la tensión de torsión de la placa. Para hacer esto, necesitas recursos, equipos y muchas sierras para metales. En el caso, de que no se pueda disponer de una cantidad suficiente de equipos, se deberá comenzar cortando la junta o juntas longitudinales más cercanas a los bordes del pavimento construido (cuando se pavimenta a dos carriles a la vez) y transversales por lo menos una por medio, y luego el corte longitudinal restante y realizándose el resto de los cortes intermedios, tan pronto como sea posible.

La secuencia de los cortes es importante para el comportamiento futuro. Se deberá disponer de por lo menos 3 equipos de corte para efectuar la faena de corte del concreto. El corte se deberá realizar con sierra delgada de 2.0 a 2,5 mm de ancho para evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta. La junta no se sellará

## **SELLO DE JUNTAS**

El Diseño de pavimentos TCP no contempla sello de juntas. El corte  $\leq 2.5$  mm; de espesor evita el ingreso de partículas incompresibles y la base con menos de 8% de finos es drenante, por lo que saca el agua bajo las losas. Esta base debe continuarse hasta el borde del camino y conectarla a los drenajes y en calles urbanas conectarla a las alcantarillas.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que se cumpla con la adecuada conformación de la base, así como también del pavimento; para de esta manera tener un adecuado comportamiento del paquete estructural.

Dada la poca experiencia que se tiene al utilizar la metodología TCP en nuestra región, es necesaria una supervisión minuciosa y a detalle de cada uno de los procesos a seguir para su ejecución; esto irá de la mano de un adecuado tratamiento de los agregados que conforman todo el pavimento.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ACE Geosynthetics. (s.f.). *Acabado de Fachada Vegetada*. Obtenido de ACE Geosynthetics: <https://www.acegeosyntheticsecopark.com/es>
- ALBERTI ARROYO, J. R., CANALES BERNAL, R. E., & ELIZABETH SANDOVAL, B. H. (2006). "TECNICAS DE MITIGACIÓN PARA EL CONTROL DE. (*Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil* ). UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, San Salvador.
- Barry R., C., Ryan R., B., & Victor, E. (2001). *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines*.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. (2005). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO*. Lima.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. (2018). *MANUAL DE CARRETERAS:DISEÑO GEOMETRICO DG-2018*. Lima.
- Garnica Anguas, P., Reyes Ramírez, R., & Gómez Rivera, J. (2013). *Diseño de muros reforzados con geosintéticos*. Sanfadila.
- GEOMATRIX. (s.f.). *GEOSINTÉTICOS PARA GEOTECNIA*. Obtenido de GEOMATRIX Los expertos en Geosinteticos: <https://www.geomatrix.co/>
- GEOMATRIX Soluciones de Alta Tenacidad. (s.f.). *Conceptos Basicos para Estructuras en Suelo Reforzado*. Bogota, Colombia.
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). *Manual de derrumbes:Una guía para entender todo sobre los derrumbes*. Virginia.
- JIMÉNEZ FERNÁNDEZ, L. A. (2006). LOS GEOSINTÉTICOS COMO SOLUCIÓN A LA ESTABILIDAD DE TALUDES. (*Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil* ). ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Sangolqui.
- Pinedo Arévalo , M. A. (2012). Comparación entre Muros de Suelo Reforzado con elementos extensibles y no extensibles. [*Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil*]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima.
- SUAREZ DIAZ, J. (s.f.). *DISEÑO DE MUROS DE SUELO REFORZADOS CON GEOSINTETICOS*. Bucaramanga.
- Transportes, Secretaría de Comunicaciones y. (2014). *GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS*. México, D.F.
- UGALDE MADRIGAL, K. F. (2015). ALTERNATIVAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN EL CANTÓN DE LEÓN COSTÉS. (*Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Construcción*). INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, Costa Rica.

## NOTA BIOGRAFICA

### MIGUEL ANGEL UTRILLA RIVERA



Identificado con DNI: 75137525, nació el 17 de enero de 1997 en el distrito de puente piedra, provincia de lima y departamento de lima, cursó sus estudios primarios en la institución educativo MIRKO ARTEMIO VALVERDE y los estudios secundarios en la institución educativa ILLATHUPAC y los estudios superiores en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (UNHEVAL) en la facultad de ingeniería civil y arquitectura, la carrera profesional de ingeniería civil.

Experiencia laboral:

Asistente técnico en la DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTE en la obra vial de churubamba, actualmente me desempeño como asistente técnico en la empresa privada INGECONSER.



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACION PRESENCIAL DE TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 29 días del mes de diciembre de 2022, siendo las 11:00 am, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N°1328-2022-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°1347-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 26.DIC.2022 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL (Título III - Aprobación del Trabajos de Investigación, Tesis, Tesis Proyectual..., en Acto Publico Presencial o Virtual art. 77) y Resolución Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL (se programe la sustentación de tesis de Pregrado de Manera Presencial), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de la Tesis Titulada: **MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022**, para optar el Título de Ingeniero Civil el Bachiller **MIGUEL ANGEL UTRILLA RIVERA** de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Finalizado el acto de sustentación Presencial de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

APellidos y Nombres	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
UTRILLA RIVERA MIGUEL ANGEL	APROBADO	45	BUNO

Dándose por finalizado dicho acto a las <sup>11:35</sup> del mismo día 29/12/2022 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES: .....

.....

  
**VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS**  
 PRESIDENTE

  
**LUIS FERNANDO NARRO JARA**  
 SECRETARIO

  
**JIM ARTURO RIVERA VIDAL**  
 VOCAL





"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

**CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 015-2024**  
**SOFTWARE ANTIPLAGIO TURNITIN-FICA-UNHEVAL.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, emite la presente constancia de Antiplagio, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 20%. de similitud general, correspondiente al Bachiller interesado, **Miguel Ángel UTRILLA RIVERA** del Borrador de Tesis "MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022", considerando como asesor al Mg ING. **ALCEDO DIAZ Charles Jiammy**

**DECLARANDO (APTO)**

Se expide la presente, para los trámites pertinentes

Pillco Marca, 06 de marzo 2024



*[Handwritten signature]*

Dr. José Luis VILLAVICENCIO GUARDIA  
Director de la Unidad de Investigación  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

DJLVG 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022**

AUTOR

**Miguel Ángel UTRILLA RIVERA**

RECUENTO DE PALABRAS

**18485 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**101737 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**101 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 6, 2024 5:34 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 6, 2024 5:36 PM GMT-5**

● **20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado

  
Dr. Ing. Jose Luis Villavicencio Guardia  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION  
DOCENTE DE LA FICA



● **20% de similitud general**

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Internet	<b>10%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>core.ac.uk</b> Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>es.scribd.com</b> Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>scribd.com</b> Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>vdocuments.mx</b> Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>documents.mx</b> Internet	<b>&lt;1%</b>

  
 Dr. Ing. José Luis Mavicio Guardia  
 DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
 DOCENTE DE LA FICA

- 9 **repositorio.upt.edu.pe** <1%  
Internet
- 10 **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-07-27** <1%  
Submitted works
- 11 **vsip.info** <1%  
Internet
- 12 **interempresas.net** <1%  
Internet

  
Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DOCENTE DE LA FICA

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL**

**1. Autorización de Publicación:** *(Marque con una "X")*

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
----------	---	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	--

Pregrado *(tal y como está registrado en SUNEDU)*

Facultad	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional	INGENIERIA CIVIL
Carrera Profesional	INGENIERIA CIVIL
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO CIVIL

Segunda especialidad *(tal y como está registrado en SUNEDU)*

Facultad	-----
Nombre del programa	-----
Título que Otorga	-----

Posgrado *(tal y como está registrado en SUNEDU)*

Nombre del Programa de estudio	-----
Grado que otorga	-----

**2. Datos del Autor(es):** *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

Apellidos y Nombres:	UTRILLA RIVERA MIGUEL ANGEL							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	972589702
Nro. de Documento:	75137525					Correo Electrónico:	Utrillar98@gmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

**3. Datos del Asesor:** *(Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)*

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:	<i>(marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)</i>			SI	X	NO		
Apellidos y Nombres:	ALCEDO DIAZ CHARLES JIAMMY				ORCID ID:	https://orcid.org/ 0000-0002-1973-5424		
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	40033614

**4. Datos del Jurado calificador:** *(Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)*

Presidente:	GOICOCHEA VARGAS VICTOR MANUEL
Secretario:	NARRO JARA LUIS FERNANDO
Vocal:	RIVERA VIDAL JIM ARTURO
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	QUINTANILLA HERRERA ELISA RAQUEL

**5. Declaración Jurada:** *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: <i>(Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)</i>
---



MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. BELLA DURMIENTE EN LA URB. SANTA ELENA, DISTRITO DE AMARILIS, APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOSAS DE GEOMETRIA OPTIMIZADA 2022.

b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: *(tal y como está registrado en SUNEDU)*

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.

d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.

e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.

f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.

g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.

h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.



**6. Datos del Documento Digital a Publicar:** *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: <i>(Verifique la información en el Acta de Sustentación)</i>			2022		
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i>	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		
	Trabajo Académico		Otros <i>(especifique modalidad)</i>		
Palabras Clave: <i>(solo se requieren 3 palabras)</i>	MEJORAMIENTO	PAVIMENTO	FLEXIBLE		
Tipo de Acceso: <i>(Marque con X según corresponda)</i>	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)		
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:		
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i>			SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:					
El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.					

**7. Autorización de Publicación Digital:**

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

AV. UNIVERSITARIA N. 501-501 PUNTO MARCA / BIBLIOTECA Central 3er piso – REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
Teléfono: 062- 591060 anexo 2048 / Correo Electrónico: repositorio@unheval.edu.pe

<b>Firma:</b>		
<b>Apellidos y Nombres:</b>	UTRILLA RIVERA MIGUEL ANGEL	<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>	75137525	
<b>Firma:</b>		
<b>Apellidos y Nombres:</b>		<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>		
<b>Firma:</b>		
<b>Apellidos y Nombres:</b>		<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>		
<b>Fecha: 20/03/2024</b>		

**Nota:**

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una **X** en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.