



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Evaluación técnica y económica de los métodos AASTHO y PCA
en el diseño de pavimento rígido en la avenida Héroes del
Cenépa, Ilave, 2021”.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Ticona Chino, Wilson Jorge (ORCID: 0000-0002-3452-9901)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por darme la bendición más hermosa, mi familia; Con mucho aprecio, cariño y eterna gratitud a mis padres Jorge y Ofelia, por su apoyo incondicional, constante y por ayudarme a cumplir mis sueños, metas y anhelos. A mis queridas hermanas, Miriam, Milagros e Itzel, por ser mi motivación y mi razón de ser cada día una persona mejor.

AGRADECIMIENTO

A dios, por su amor incondicional, su infinita bondad y las bendiciones constantes que me regala día a día.

A mis padres Jorge y Ofelia, por los consejos que me brindan siempre, y por su amor, esfuerzo, y apoyo incondicional que me dan para el logro de mis metas y sueños.

A mis hermanas, Miriam, Yesenia e Itzel, por la alegría que me regalan, por sus palabras y compañía.

A mis familiares, por su cariño sincero y constantes consejos, en especial a mi asesor de tesis, Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio, por su acertada dirección y valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Agradecer, a cada uno de Ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| INDICE DE CONTENIDO..... | iv |
| INDICE FIGURAS | v |
| INDICE DE TABLAS | vi |
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRAC..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 17 |
| 3.2. Variables y operalización | 18 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 18 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 19 |
| 3.5. Procedimientos | 20 |
| 3.6. Método de los análisis de datos | 21 |
| 3.7. Aspecto ético | 22 |
| IV. RESULTADOS..... | 23 |
| 4.1. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO..... | 24 |
| 4.2. INTERPRETACION DE RESULTADOS..... | 53 |
| V. DISCUSIÓN | 59 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 61 |
| VII. RECOMENDACIONES | 64 |
| REFERENCIAS | 66 |
| ANEXOS | 70 |

INDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FÍGURA 1 Estructura de pavimento rígido | 8 |
| FÍGURA 2 TRANSITO VEHICULAR | 26 |
| FÍGURA 3 Cálculo del módulo de reacción compuesto de la sub rasante, a través de abaco | 34 |
| FÍGURA 4 Nomograma método AASHTO..... | 39 |
| FÍGURA 5 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO, MÉTODO AASHTO. | 40 |
| FÍGURA 6 Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo (con y sin berma de hormigón)..... | 46 |
| FÍGURA 7 Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón)..... | 47 |
| FÍGURA 8 Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo (con y sin berma de hormigón), $e=8.5$ pulg. . | 49 |
| FÍGURA 9 Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón). $e= 8.5$ pulg. | 50 |
| FÍGURA 10 Estructura pavimento rígido PCA. | 51 |
| FÍGURA 11 Espesor del pavimento de concreto según método AASHTO 1993 Y PCA 1984. | 54 |
| FÍGURA 12 Espesor base granular según método AASHTO y PCA | 55 |
| FÍGURA 13 Costo según metodología | 57 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1 Criterio para perforaciones..... | 9 |
| TABLA 2 Tipos de vías | 9 |
| TABLA 3 Operalización de variables..... | 20 |
| TABLA 4 Aforo de la máxima demanda vehicular | 24 |
| TABLA 5 Resumen de composición de trafico | 25 |
| TABLA 6 Estudio de tránsito vehicular | 26 |
| TABLA 7 Compactación de próctor modificado | 28 |
| TABLA 8 Compactación de CBR del material | 28 |
| TABLA 9 Ensayo carga – penetración suelo natural | 28 |
| TABLA 10 CBR y densidad | 29 |
| TABLA 11 Tipo de vía y diseño | 29 |
| TABLA 12 Serviciabilidad inicial..... | 30 |
| TABLA 13 Serviciabilidad final | 30 |
| TABLA 14 Factor de distribución – dirección..... | 30 |
| TABLA 15 Factor de distribución - carril..... | 31 |
| TABLA 16 Cálculo del número de ejes..... | 31 |
| TABLA 17 Nivel De Confiabilidad..... | 32 |
| TABLA 18 Niveles de confiabilidad | 32 |
| TABLA 19 Coeficiente del drenaje | 36 |
| TABLA 20 Calidad de drenaje..... | 36 |
| TABLA 21 Coeficiente de transmisión..... | 36 |
| TABLA 22 Trafico Proyectado..... | 41 |
| TABLA 23 Determinación del módulo de reacción (K) en el CBR | 41 |
| TABLA 24 Módulo de reacción de la sub rasante..... | 42 |
| TABLA 25 Cálculo del número de ejes equivalente de diferentes pesos | 43 |
| TABLA 26 Cálculo del espesor del pavimento, e = 09 pulgadas. (22.9 cm). | 44 |
| TABLA 27 Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto | 45 |
| TABLA 28 Factor de erosión - juntas con dowels, sin berma de concreto | 45 |
| TABLA 29 Análisis de fatiga y erosión | 48 |
| TABLA 30 Análisis de costos de la construcción..... | 51 |
| TABLA 31 Presupuesto..... | 52 |

| | |
|--|----|
| TABLA 32 Costo de pavimento rígido a través de la metodología AASHTO | 56 |
| TABLA 33 Costo de pavimento rígido a través de la metodología PCA 84..... | 56 |
| TABLA 34 Análisis comparativo de costos de diseño de pavimento a través del método ASSHTO y PCA | 56 |

RESUMEN

La investigación, tuvo como objetivo general determinar en qué medida la evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984, mejora los diseños de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. El tipo de investigación es cuantitativo. El diseño de la investigación cuasi experimental, analítico y descriptivo. La población corresponde a las vías a pavimentar en la ciudad de llave. La muestra fue el método AASTHO 1993 y PCA 1984. El muestreo fue no probabilístico, intencional. En el procedimiento primero se realizó el estudio de transitabilidad vehicular, segundo se realizó el estudio de mecánica de suelos, tercero diseño del pavimento con la metodología de AASTHO 93, cuarto diseño del pavimento con la metodología del PCA 84 y quinto se analizó costos. Los resultados del espesor de la losa de concreto a través de la metodología AASTHO 93 y PCA 84 se obtuvo espesores de 20.00 centímetros y 25.00 centímetros; respecto al espesor de la sub base granular a través de la metodología AASTHO 93 y PCA 84 se obtuvo un espesor de 15.00 centímetros. En costos según la metodología AASTHO 93 y PCA 84 se obtuvo costo de S/. 121,259.39. y S/. 149,290.65 respectivamente. La conclusión en el espesor del pavimento calculado con la metodología AASTHO 93 se obtuvo un espesor de 5.00 centímetros menos que el PCA 84. en la base granular según la metodología AASTHO 93 y PCA 84 se obtuvo un espesor de 15.00 centímetros. En el costo de pavimento calculado a través de la metodología AASTHO 93 se obtuvo el costo de S/. 28,031.26 menos que el PCA 84. Concluyendo que la metodología optima a aplicar es el AASTHO 93.

Palabras clave: AASTHO, PCA, pavimento, tránsito, costos, CBR.

ABSTRACT

The general objective of the research was to determine to what extent the technical and economic evaluation between the AASTHO 1993 and PCA 1984 methods improves pavement designs on Héroes del Cenépa avenue, Ilave, 2021. The type of research is quantitative. The quasi-experimental, analytical and descriptive research design. The population corresponds to the roads to be paved in the key city. The sample was the AASHTO 93 and PCA 84 method. The sampling was non-probabilistic, intentional. In the first procedure, the vehicular walkability study was carried out, the second the soil study was carried out, the third design of the pavement with the AASHTO 93 methodology, the fourth design of the pavement with the methodology of PCA 84 and the fifth cost analysis. The results of the thickness of the pavement through the methodology AASHTO 1993 and PCA 84 were obtained thicknesses of 18.80 centimeters and 22.70 centimeters; Regarding the thickness of the granular base, through the AASHTO 1993 and PCA 84 methodology, a thickness of 15.30 centimeters was obtained. In costs according to the AASHTO and PCA 84 methodology, a cost of S/. 121,259.39. and S /. 149,290.65 respectively. The conclusion in the thickness of the pavement calculated with the methodology AASHTO 93 was obtained a thickness of 3.90 centimeters less than the PCA 84. In the granular base according to the methodology AASHTO 93 and PCA 84 a thickness of 15.30 centimeters was obtained. In the pavement cost calculated through the AASHTO 93 methodology, a cost of S/. 28,031.26 less than the PCA 84. Concluding that the optimal methodology to apply is the AASHTO 93.

Keywords: AASHTO, PCA, pavement, traffic, costs, CBR.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas a nivel mundial la construcción de obras viales han sido un eje importante para la interconexión de vías internacionales, nacionales y locales para el desarrollo de los países. Las infraestructuras se muestran con daños en su base, sub base, sub rasante; por ende no tienen la estabilidad y durabilidad de las obras viales pues tienden a desgastarse y perder resistencia en el tiempo, por lo que ocasiona gastos en el corto plazo para el mantenimiento o reposición de dichas obras viales, según el reporte de estudios encontrados de (Rajib, 2019) destaca, que las vías de más baja calidad son las vías de los países latinoamericanos, debido a que no consideran el método PCA 1984 o AASHTO 1993 adecuado que garantice la estabilidad y durabilidad de las obras viales.

A nivel nacional podemos ver la mala calidad de las obras viales, el desgaste de las vías pavimentadas en sus primeros años, las vías urbanas están deteriorándose en los primeros años, así mismo presentan fisuras y fallas en las estructuras de la sub base. Esto se atribuye al diseño que probablemente no haya sido determinado detalladamente en la carga de diseño para ser evaluado a través de los métodos PCA 1984 o ASHTO 1993. Siendo el problema la deficiente elección de la metodología óptima para diseñar el pavimento a través del método PCA 1984 o AASHTO 1993, pues los resultados de diseños que resulten óptimos en espesores de las losas calculadas. Según (Jimenes, y otros, 2018) señala (...) que la carencia en el diseño de pavimentación vial, generan costos al tránsito vehicular, porque las vías en su primer año de vida útil ya se encuentran con fisuras, debido al desgaste y la sobre carga (..).

En el ámbito local, debido al crecimiento de la población en la ciudad de llave se ve con la necesidad de ampliar sus vías de pavimento, las misma que presentan fisuras y fallas en la losa de pavimento rígido y en la sub base, por los factores climáticos como intensas lluvias y el alto nivel de transitabilidad más de lo esperado. La mala calidad de las vías de pavimento rígido de la ciudad de llave, en la actualidad es debido a que no se realizó de forma adecuada la elección del método de diseño ASHTO 1993 o PCA 1984, puesto que de ello se deduce el espesor que es determinante para la resistencia a sobre cargas de tráfico vehicular, peatonal y la durabilidad del pavimento rígido ante factores climáticos.

En los últimos años la avenida Héroes del Cenépa de la ciudad de llave viene siendo una de las avenidas más transitadas tanto peatonal y sobretodo vehicular las mismas que requieren de una infraestructura vial urbana adecuada, en vista de que la realidad actual está generando altos costos en el transporte urbano y otros costos. Por lo tanto, es muy importante que para la construcción de la avenida en mención se tenga en consideración la realización de la evaluación técnica calculando a través del método AASTHO 1993 y PCA1984, cual resulte la mejor opción optima tanto técnica como financiera, para esta forma contar con el espesor adecuado que garanticen la resistencia de la vía y que cumpla con la vida útil de infraestructura, además de la que resulte económicamente viable. Por lo tanto, según los argumentos antes mencionado se arriba. La formulación del problema está compuesta por el: **problema general**: ¿En qué medidas la evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? y los **problemas específicos** son. ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de la Sub base granular mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021?, ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de la losa mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? Y ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al costo mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021?

Siendo la justificación **Técnica**, con el desarrollo de la investigación se comparará entre el método PCA 1984 y ASHTO 1993 y se podrá determinar la opción optima del diseño del pavimento rígido para el proyecto: pavimentación de la avenida Héroes del Cenépa, el cual ofrecerá la adecuada transitabilidad vehicular y peatonal. La justificación **social**, es que los principales involucrados y beneficiarios serán la población que reside en la avenida héroes del Cenépa, los barrios y calles aledañas, que son un total de 46,200 habitantes que circulan por la avenida héroes del Cenépa, además que mejora y articula el tránsito vehicular como peatonal de la ciudad de llave, además mejora el nivel de vida de la población, para lo cual es necesario realizar la presente investigación puesto, ya

que se tendrá un precedente para estudios posteriores. La justificación **económica** al evaluar el método de diseño entre el PCA 1984 y el ASHTO 1993, podremos tomar en consideración cuál de ellos es el óptimo o mejor opción a nivel técnica y económica, en vista que los recursos presupuestales son limitados, con la presente investigación podremos elegir la mejor opción técnica a un menor costo económico. Adicionalmente los habitantes del área de intervención podrán disminuir el costo económico de transporte y mantenimiento de sus unidades vehiculares.

Siendo el **objetivo general** es de determinar en qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 84, mejora los diseños de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021, y **los objetivos específicos**, determinar en qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de la sub base en los diseño de pavimentos de la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021., Determinar la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de losa en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021 y determinar la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al costo en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021.

Se define la **hipótesis general**: La Evaluación técnica económica con el método AASTHO 1993 mejora el diseño de pavimento en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021., y las **hipótesis específicas** la evaluación técnica y económica con el método AASTHO 1993 en relación al espesor de la Sub base, mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021., La Evaluación técnica y económica del método AASTHO 1993 en relación al espesor de losa mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. y la evaluación técnica y económica del método AASTHO 1993 en relación al costo mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes de la presente investigación: Según (Torres, 2016), en su tesis titulada: ***Comparación entre las metodologías AASHTO 1993 y PCA 1984, para diseñar el pavimento rígido***, tiene como objetivo encontrar el tipo de metodología que sea la mejor opción para diseñar los pavimentos rígidos, utilizando la metodología de comparación de los métodos en a nivel de variable a variable de acuerdo a la equivalencia de sus variables, siendo el resultado que ambas metodologías contemplan estructuras de pavimentos distintos, debido a que el criterio de falla del método AASHTO 1993 está relacionado a un valor de servicio final y de confiabilidad en el diseño, se refleja en el factor e seguridad, mientras el PCA asocia a la vida útil de la losa. Arribando a la conclusión: el método AASHTO 1993, es el método óptimo e indicado para diseñar estructuras, puesto que el criterio de falla por el método de la AASHTO 1993, está unido al índice de servicio final y también a la confiabilidad de diseño, por otro lado, la metodología de la PCA 1984 se asocia la vida útil de la losa ya que llega a su fin al presentar la ruptura de placa de concreto por razones de fatiga o erosión.

Según (Cruz, 2016) , en su tesis: ***Estudio comparativo técnico y económico entre los diseños de pavimento flexible y rígido usando AASHTO 93 para las vías del sector vial del centro poblado el Milagro - Trujillo - La Libertad***, tuvo como objetivo realizar el estudio comparativo técnico y económico, del pavimento flexible y rígido, usando la metodología AASTHO 1993, e estudio conclusiones que la alternativa constructiva más económica será el pavimento rígido en cuestión de costos, proceso constructivo y mantenimiento.

Según (Briceño, y otros, 2019); en la tesis: ***Análisis comparativo, del diseño estructural y evaluación económica, entre el pavimento rígido, el flexible y el adoquinado; utilizando el método ASSHTO 93, para la Avenida Miguel Grau, 3 de octubre y el nuevo Chimbote***, siendo su objetivo analizar comparativamente el diseño estructural y además la evaluación económica, entre un pavimento flexible, rígido y adoquinado aplicando la metodología AASHTO 1993 en la Av. Miguel Grau, utilizando la metodología descriptiva y diseño de investigación en campo, llegando a los resultados a nivel de periodo de tráfico se clasificó como pavimentado de bajo volumen de índice de trafico siendo el periodo de 5-25 años, siendo la densidad máxima seca de la calicatas c-1

densidad máxima 1.77 gr/cm³ y humedad óptima 11.6 %, C-3 densidad máx. seca 1.82gr/cm³, humedad óptima de 9.3% y a nivel de CBR de cada calicata C-1 tiene CBR 10.4% y C-3 tiene CBR 13.96%, arribando a las siguientes conclusiones que el pavimento rígido es el más económico, considerando al diseño del pavimento flexible el EAL de diseño es de 777,519.26 , y el pavimento rígido 682,941.94 y para el pavimento adoquinado 683,941,.74, por lo tanto la investigación comprobó que el método adecuado para el diseño mediante el método AASHTO es el pavimento rígido y resulta más económico, considerando el nivel de transpirabilidad.

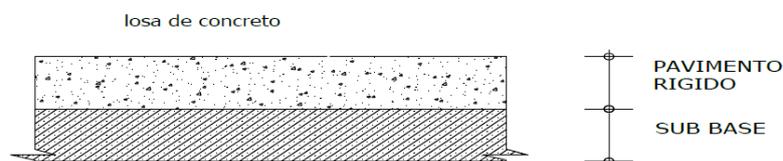
Según (Rojas, 2019), en su tesis: ***El análisis comparativo técnico y económico, para determinar la propuesta de pavimentación a través del pavimento flexible, pavimento articulado y pavimento rígido, del asentamiento humano María Augusta Oliva Pimentel,*** siendo su objetivo determinar Criterios Económicos y Técnicos, utilizándose el método ASSHTO llegando a obtener los siguientes, metodología es de tipo descriptivo , no experimental, llegando a los siguientes resultados: del pavimento flexible se obtuvo los siguientes espesores: en la carpeta asfáltica = 05 centímetros, en la base = 15 centímetros y en la sub base = 15cm; para el pavimento articulado se diseñó con la Norma C. E. 0.10 utilizando un adoquín de 06 centímetros de espesor y una capa de arena de 04 centímetros, finalmente para el pavimento rígido se usó el método de ASSHTO, obteniendo espesores: losa de concreto =15 centímetros y de base = 20 centímetros. Realizándose la comparación técnica y económica, llegando a las siguientes conclusiones que la pavimentación rígida es menos costosa a mediano y largo plazo que el pavimento articulado y flexible (se deteriora en el corto plazo), considerando el nivel de tránsito y los factores climáticos y el tipo de suelo ideal para la zona.

Según (Carcausto, 2013), en la tesis denominada: ***Estudio y diseño del Pavimento Rígido, en el jirón Andahuaylas y vías colindantes de la ciudad de llave,*** tuvo como objetivo elaborar el diseño de la estructura del pavimento de los jirones Andahuaylas y vías colindantes; de la ciudad de llave, a través de la metodología de diseño de pavimentos flexibles con AASTHO 1993, concluyendo en que los espesores obtenido mediante la metodología AASHTO 993 es la

siguiente: Carpeta asfáltica de 3 pulgadas, la base granular de 20 centímetros, y la sub base granular de 20 centímetros, y la sub rasante 30 centímetros, por lo tanto el espesor final será de 9 pulgadas, es decir 48 centímetros como espesor total y final.

Las teorías para la presente investigación son las siguientes. A nivel internacional, existen más de dos metodologías para el diseño de pavimento, siendo las más destacadas la metodología de PCA del año 1984 y por la AASHTO, publicado y desarrollado en la edición del año 1993. El Pavimento, según (Cruz, 2016), indica está conformado por varias capas sobrepuestas unas a otras, de forma horizontal, estando diseñados y construidos con materiales adecuados y correctamente compactados.

FÍGURA 1 Estructura de pavimento rígido



Fuente: <https://ippcons.jimdos.com/sala-universitaria/pavimentos/>

La superficie de rodadura (ICG, 2017) indica que es una capa superior en la estructura de un pavimento, edificada con concreto simple y/o reforzada, debido a su rigidez el módulo de elasticidad, asienta en la capacidad del soporte de tránsito y otro en losas de concreto más que en la capacidad de la sub rasante.

El pavimento rígido de concreto, según (Montejo, 2011), es una losa de concreto simple y/o armado, que se apoya sobre una sub base; por tal razón su rigidez y el módulo de elasticidad, absorbe los esfuerzos que ejercen sobre el pavimento, por lo que produce una adecuada distribución de cargas de rueda, alcanzando resultado de tensiones muy bajas en la sub base y sub rasante respectivamente.

Pavimento rígido de concreto simple según (AASHTO, 1993), es un pavimento construido sin acero de refuerzo y sin varillas de acero, para la transferencia de carga en las juntas que se obtiene de la trabazón de agregados entre las juntas.

La sub base según (Calo, 2016) indica que esta entre la sub rasante y la losa pavimento, consistente en material granular, siendo la principal función reducir el

bombeo de los suelos en granos finos. También la estructura de pavimento es consignada a transmitir y distribuir uniformemente las diversas cargas soportadas a la superficie de rodadura de pavimento rígido, de forma tal que la capa de sub rasante soporte absorbiendo las variaciones propias de dicho suelo.

La sub rasante según (Torres, 2016), es el terreno de fundación que soporta una estructura de pavimento, se puede extender una profundidad considerable y no afecte la carga de diseño, del tránsito previsto.

Topografía según (Londoño, 2005), tiene por objetivo representar al terreno, para determinar el conjunto de particularidades, la observación de una serie de puntos en campo permite la obtención de coordenadas para la representación gráfica de una zona y de esta forma conocer su longitud y desnivel.

Geología, según (Rojas, 2013), indica que son las características que tienen relación con el terreno, su naturaleza, estado físico que tiene. El terreno de fundación según (Montejo, 2011), sirve para el muestreo y exploración de suelos determinando criterios para la ubicación, profundidad y número de las perforaciones, según tabla 1.

TABLA 1 Criterio para perforaciones

| TIPO DE ZONA | ESPACIAMIENTO | PROFUNDIDAD |
|--------------|---------------|-------------|
| Carreteras | 250 | 1.50 |

Fuente: (Montejo, 2011)

Por último según (SENCICO, 2016), el punto de investigación es de acuerdo al tipo de vía, según tabla 02.

TABLA 2 Tipos de vías

| TIPO DE VÍA | Nº DE PUNTOS DE INVESTIGACION | AREA M2 |
|-------------|-------------------------------|---------|
| Expresa | 01 cada | 2000 |
| Arterial | 01 cada | 2400 |
| Colectora | 01 cada | 3000 |
| Local | 01 cada | 3600 |

Fuente: RNE, (2010)

Muestra representativo cuarteo (en laboratorio), según (Sanchez, y otros, 2015), indica que para realizar los ensayos de suelo en el laboratorio, se necesita

contar con material representativo de un suelo determinado y en cantidad necesaria, para cumplir con los ensayos, realizando procedimientos mecánicos y/o manual, que reduce dichas muestras en representativas y homogéneas, finalizando el proceso contener una muestra que refleje exactamente las características de la cantera y/o terreno.

Estudio en la Mecánica de suelos, según (Rojas, 2019) indica que es el estudio de las propiedades físicas y aprovechamiento de suelos, especialmente utilizado en la planificación de cimentaciones de estructuras y sub rasantes de carreteras. El suelo es un agregado natural de partículas minerales, que a veces incluye componentes orgánicos; tiene fases sólida, líquida y gaseosa. La forma en que el suelo de un sitio determinado soportará las tensiones que le imponen el peso de las estructuras, o cómo responderá al movimiento en el curso de la construcción, depende de seis propiedades: fricción interna y cohesión (atracción molecular entre partículas de suelo, mucho mayor en arcillas que arenas o limo) , los cuales disminuyen la tendencia de los suelos a cortarse o deslizarse a lo largo de planos; compresibilidad (el grado en que el suelo puede hacerse más denso por diversos medios, incluido el apisonamiento y la vibración, y por lo tanto puede soportar mayores cargas);elasticidad (la capacidad del suelo para volver a expandirse después de ser comprimido);permeabilidad (el grado en que un suelo conducirá un flujo de agua); y capilaridad (el grado en que el agua se extrae hacia arriba desde el nivel freático normal).

Análisis granulométrico por tamizado, según (Briceño, y otros, 2019) indica que es el análisis de tamiz es una técnica analítica que se utiliza para determinar la distribución del tamaño de partícula de un material granular con tamaños granulares macroscópicos. La técnica de análisis de tamices involucra varias capas de tamices con diferentes grados de tamaños de abertura de tamiz. El tamiz del tamaño más fino se encuentra en la parte inferior de la pila con cada tamiz en capas apilado arriba en orden de tamaño creciente del tamiz. Cuando se coloca una muestra de material granular en el tamiz superior y se tamiza, las partículas individuales del material se separan en la capa final que la partícula no podría atravesar. La base del instrumento contiene un agitador, que facilita el filtrado.

Límites de Atterberg, según (AASHTO, 1993) precisa que la consistencia y el comportamiento de un suelo arcilloso son diferentes al igual que las propiedades en diversos grados de contenido de humedad. Por lo tanto, el límite entre cada estado se puede definir en función de un cambio en el comportamiento de la arcilla, dependiendo del contenido de agua de un suelo, el suelo puede estar en uno de cuatro estados: sólido, semisólido, plástico y líquido. Estos métodos todavía se utilizan para determinar el límite de líquido, el límite de plástico y el límite de contracción de los suelos,

Límite líquido (L.L.), según (Rondon, y otros, 2014) indica también conocido como límite plástico superior, es el contenido de agua en el que el suelo cambia de estado líquido a estado plástico, es decir que el contenido mínimo de humedad al que fluye un suelo tras la aplicación de una fuerza cortante muy pequeña. Además, se determina usando el método Casagrande, definiendo el contenido de humedad, en porcentaje.

Límite plástico (L.P.), según (AASHTO, 1993) indica, conocido también como límite de plástico inferior, es el contenido de agua en el que un suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido. Casagrande definió el límite de plástico como el contenido de agua en el que un hilo de tierra se desmorona cuando se extiende con cuidado hasta un diámetro de 3 mm (1/8”).

Índice de plasticidad (I.P.), según (AASHTO, 1993), indica es la medida de la plasticidad de un suelo; el índice de plasticidad es el tamaño del rango de contenido de agua donde el suelo exhibe propiedades plásticas.

Clasificación de suelos, según (ICG, 2017), indica que el conjunto natural no consolidado de partículas minerales sólidas que resultan de la desintegración física y la descomposición química de las rocas, que pueden contener materia orgánica y huecos entre las partículas, aisladas o ligadas, que pueden contener agua y / o aire.

Próctor modificado, según (Vivar, 1995), indica La prueba próctor se utiliza para comprobar la compactación de diferentes suelos y sus propiedades de suelo con cambio en el contenido de humedad con la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad; el proceso similar que el estándar próctor test.

Determinación de valor relativo de soporte (CBR) de diseño, según (Vivar, 1995), indica la prueba (CBR), es un método empírico simple, que compara la resistencia a la penetración de la muestra de prueba con la de una muestra "estándar" de material de piedra triturada bien graduada usando un pistón de tamaño estándar. La prueba no caracteriza ninguna propiedad del suelo aparte de la resistencia a la penetración.

Mezcla del suelo para la sub - base, según (Campo, 2018), indica es la capa de material agregado colocada sobre la sub - rasante, sobre la cual se ubica la capa de la base. Puede omitirse cuando solo habrá tráfico peatonal en el pavimento, pero es necesario para superficies utilizadas por vehículos. La sub - base es a menudo la principal capa de carga del pavimento. Su función es distribuir la carga uniformemente sobre la sub - rasante. Los materiales utilizados pueden ser granulares sin unir o adheridos con cemento.

Estudio de tráfico, según (Montejo, 2011), para el diseño geométrico de una estructura de pavimento adecuado de una determinada vía es necesario realizar el estudio de tránsito, puesto que el número y/o volumen de los vehículos según ejes, pesajes, son variables determinantes para el mismo. El volumen del TPD (tránsito promedio diario), es el total de N° de los vehículos que transitan en la vía de diseño durante un día completo. La clasificación por tipo de vehículo, es de acuerdo al número de sus ejes, siendo los Tipos de ejes de vehículos: de Eje simple, Eje Tándem, Eje Trídem. El Aforo vehicular permite, cuantificar la cantidad número de vehículos que pasan por la vía de diseño. El pavimento rígido debe ser diseñado para ofrecer adecuadamente el tránsito y así resistir los esfuerzos producidos.

Metodología de diseño de la PCA 84, según (Montejo, 2011), tiene como propósito determinar el espesor mínimo de la losa o pavimento de concreto, que determinara costo anual optimo necesario para el diseño de espesores. (Fonseca Montejo, 2006); los componentes del diseño estructural de pavimento desarrollado a través de la metodología de la PCA 1984, según el RNE para el diseño de pavimento urbanos de concreto se deberán basar en la resistencia del concreto a flexión, en resistencia a la sub rasante, a la clasificación de las vías urbanas determinando su categoría, estudio de transitabilidad, tráfico diario en

promedio, la distribución de la carga, considerando el periodo de diseño 20 años. el método contribuye a la determinación óptima del espesor para la losa o pavimento reforzada o simple, que soporta las cargas de tránsito.

Periodo de diseño, determina el horizonte servicio del pavimento, antes de requerir la rehabilitación y/o reconstrucción del pavimento, siendo difícil predecir con aproximación real, mayor que un diseño, según incrementos no previstos de tráfico.

El Factor de seguridad de carga, para el diseño se requiere cargas reales para multiplicar por el FSC (factores de seguridad de carga), por lo que el PCA indica que en las vías arteriales se espera un alto flujo de volumen de tránsito.

El Esfuerzo o carga equivalente, con factor de erosión, de acuerdo al PCA, la carga de vías, se reduce los esfuerzos del pavimento, incrementando la frecuencia de la transitabilidad permisible.

Los Análisis de erosión, contribuye limitando la deflexión producido en la losa de concreto, juntas y esquinas del pavimento, por efecto del movimiento de material debajo del pavimento o losa de concreto, el resultado de la presión del agua acumulada debajo de la losa.

Análisis por fatiga se utiliza para evaluar los esfuerzos ocasionados en la losa del pavimento rígido, la aplicación de cargas sobre el pavimento produce esfuerzos que generan resquebrajaduras. La fatiga es cuantificada en porcentaje de absorción recomendado para optimizar el diseño con un valor cercano al 100%. En terminación, el método de diseño de la PCA se basa en: En el análisis comprensivo de los esfuerzos en el concreto y deflexiones en las juntas del pavimento rígido, esquinas y demás; Modelos y pruebas a escala por la PCA y otras agencias acerca de sub-bases, juntas y hombros de concreto.

Criterios de Diseño Metodología PCA 84 según (Duravia, 1993), indica la fatiga; conserva el esfuerzo de la losa de concreto o pavimento rígido debido a las cargas repetidas dentro de los límites de forma tal de prevenir los agrietamientos causados por fatiga. Se tiene erosión; contribuye a disminuir efectos de las deflexiones del pavimento rígido, controlando la erosión del terreno de fundación, como de los materiales de las bermas.

Diseño de la metodología AASHTO 1993 (Torres, 2016), La metodología en mención tienes estudios en aplicación en pavimentos rígidos y flexibles, dentro de

sus parámetros de diseño considera bermas, estacionalidades, puesto que la metodología se rige en la servicialidad del diseño de la losa o pavimento respecto a los usuarios.

Diseño estructural del pavimento rígido a través del método AASHTO 1993, según (AASHTO, 1993), indica en el cual se análisis diversos factores: de tráfico, drenaje, característica de suelos, capacidad de carga a nivel de servicialidad, grado de confiabilidad para el diseño contribuyen a proyectar un comportamiento confiable de la estructura de pavimento, de forma tal que se evite el daño del pavimento hasta alcanzar un colapso durante el horizonte de vida de la infraestructura. Siendo la metodología AASHTO 1993 fundamental para el diseño de pavimento rígido, el mismo que se representa a través de la ecuación que calcula el espesor óptimo del pavimento de concreto.

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \times S_0 + 7.35 \times \text{Log}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log} \left(\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right)} \right)$$

Siendo sus parámetros:

W_{18} = N° cargas de 18 kips.

Z_r = Desviación estándar combinado, el valor de Z_r , de la curva estandarizada con confiabilidad R.

S_0 = Error estándar

D = Espesor en pulgadas de la losa del pavimento.

ΔPSI = Pérdida de servicialidad proyectada del diseño.

P_t = Servicialidad final.

M_r = Mód. de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

C_d = Coeficiente de drenaje

E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

K = Módulo de reacción de la sub rasante en PCI (psi/pulg).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación, según (Sanchez, y otros, 2015), de acuerdo al enfoque es cuantitativo, puesto que intenta explicar la realidad de una ciudad, desde un punto de vista externo de acuerdo a los objetivos planteados. Ya que la investigación tiene como propósito comprobar el tipo de método entre AASHTO y PCA más conveniente para definir el espesor de la losa o pavimento rígido en la avenida héroes del Cenépa, ciudad de Ilave, Puno 2021, el **propósito** de la investigación es **aplicada** porque según (Sanchez, y otros, 2015), se hace uso de conocimientos básicos y adquiridos durante la etapa de formación profesional, ampliando los conocimientos al resolver dificultades y realidades problemáticas con la facilitación de equipos tecnológicos, teorías de autores y formulas universales.

Diseño de investigación, según (Sanchez, y otros, 2015) indica, respecto a la presente investigación se pudo indagar que se puede obtener conocimiento con la aplicación de metodologías directas a los problemas en el ámbito de infraestructura vial, debido a las deficiencias en los pavimentos, puesto que se basa en los cálculos tecnológicos, indagaciones que relaciona a la teoría con los productos o resultados. Según su **alcance** será de corte transversal, puesto que el análisis de los métodos para la determinación del espesor del pavimento, se realizará en un determinado momento, en relación a lo indicado por la referencia el diseño de la investigación será, **siendo el diseño es cuasi experimental, analítico y descriptivo**, puesto que se comparará los resultados de ambos métodos para definir el espesor más eficiente de lo losa y/o pavimento rígido, para la aplicación de las metodologías y recojo de información.

3.2. Variables y operalización

Variable independiente: el método de diseño **AASHTO 1993**, según (Carrasquillo, 1994), se utilizan para relacionar fenómenos observados o medibles (características del pavimento) con resultados (rendimiento del pavimento). Este artículo presenta la ecuación de diseño básico de la Guía AASHTO de 1993 para pavimentos flexibles. Y el método de diseño **PCA**, Según (UWDCEE, 2009) el método de diseño de pavimentos PCA básicamente utiliza un modelo de fatiga para estimar el número de repeticiones de una carga que el pavimento puede soportar antes de la falla por fatiga. Esto depende de la relación entre el esfuerzo de carga y la resistencia a la flexión de diseño. Se desarrolló sobre la base de cálculos de elementos finitos de tensiones y deflexiones del pavimento que luego se calibraron con algunos criterios simples de diseño y rendimiento para crear una serie de tablas y gráficos de diseño.

Variable dependiente 01 La evaluación técnica, según (Rojas, 2019), la evaluación técnica se basa en mediciones para asegurar la caracterización objetiva y la comparación entre proyectos del mismo tipo de infraestructura. La evaluación basada en mediciones se implementa a través de criterios definidos, escalas de medición, intervalos de medición y puntajes. La evaluación técnica compara proyectos similares entre sí, diseños entre diseños de proyectos, concluyendo en la mejor opción. **Variable dependiente 2 evaluación económica**, según (Cruz, 2016) el análisis económico está orientado principalmente a la estimación del costo total de inversión, que es un objetivo clave en el diseño de un proyecto. Para los proyectos la inexactitud es aún mayor teniendo en cuenta la dificultad de realizar el dimensionamiento para algunas operaciones unitarias y de encontrar datos de costos adecuados, para determinar la mejor opción a nivel económico.

Ver matriz de operalización de variables. Ver anexo.

3.3. Población, muestra y muestreo

La **población** según (Carrasco, 2017), tomando en cuenta la definición anteriormente indicada pertenece a las vías a pavimentar en la ciudad

de llave, región Puno, la **muestra** método AASHTO y PCA para el diseño de pavimentos en el Jirón héroes del Cenépa, ubicada en la ciudad de llave, es no aleatorio porque está definido por el método AASHTO y PCA, constituida del **muestreo**. No probabilístico, muestreo dirigido o intencional en el cual se escogió el método AASTHO y PCA, que es el más utilizado y practico. La **unidad de análisis**, según (Hernandez, y otros, 2014) es lo que se quiere estudiar en la investigación siendo en este caso el diseño del pavimento rígido de la Avenida Héroes del Cenépa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Según (Hernandez, y otros, 2014), la técnica de la recolección de datos permite comprender y visualizar situaciones para obtener información en caso del trabajo de investigación se utilizaran, diferentes herramientas como son en de fichas de observación, observación directa, para poder conocer diagnosticar, caracterizar y analizar la zona en estudio mismos que se reflejarán en información representada a través de tablas, gráfico y figuras.

Instrumentos de recolección de datos: según (Duravia, 1993) es el recurso más importante para la recopilación de información que ha de emplearse durante todo el proceso de la investigación, pues se realizará registro de datos y análisis de fotos para acercarse un poco más a la realidad y según las variables en estudio, según las fichas de recolección de datos validadas por juicios de expertos. Según:

- Ficha técnica N° 01 – Estudio de tráfico. Ver Anexo
- Ficha técnica N° 02 – Para análisis de diseño AASTHO Y PCA, ver anexo.
- Ficha técnica N° 03 – Para análisis de costos ver anexo.

La validación y confiabilidad de instrumentos, según (Fernández, 2002),

una de las formas es con la validación de **juicios de expertos**. El mismo que consiste en que se someta a ser evaluado y aprobado por 03 ingenieros especialistas que validan los instrumentos de medición

para recolectar datos; indicando que cumplen la pertinencia, la relevancia y la claridad. En el cual los expertos aprueban de la siguiente forma:

TABLA 3 Operalización de variables

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | CIP | Coefficiente de Validez | ANEXO |
|----|---|-------|-------------------------|-----------|
| 1 | Ing. Civil Vargas Condori, Saúl | 10670 | SI | Ver anexo |
| 2 | Ing. Civil Hector. Raul Huahuasoncco H. | 64608 | SI | Ver anexo |
| 3 | Ing. Civil Monge Huamani Jesus Armando | 50188 | SI | Ver anexo |

Fuente:

Elaboración

propia

Confiabilidad de los datos, Según (Hernández, 2002), La confiabilidad del instrumento estará dada por el procesamiento de los datos analíticos de forma manual, siendo objetivos y confiables, pudiendo medir a través de los programas Excel, S10, Autocad la confiabilidad de la información procesada.

3.5. Procedimientos

Etapas N°01, Estudio Transitabilidad, según (Campo, 2018), se determinará el volumen de transitabilidad, definiéndose como a la cuantía de vehículos que pasa por el punto de un tramo, en un tiempo determinado, el cual clasificaremos por el tipo de Vehículos: A = los vehículos livianos, B = los buses y C = los camiones. Calcularemos según el tipo de ejes, como lo es el eje sencillo, tándem y tridem, se calculará el volumen de promedio diario, Transito Promedio Diario Anual, Transito Promedio Diario Mensual, Transito Promedio Diario Semanal y se calculará en tránsito promedio diario anual y se calculará ESAL.

Etapas N°02 Estudio de mecánica de suelos, según (Vivar, 1995), la información será desarrollada en base al estudio de los siguientes puntos: reconocimiento de campo, muestreo, puntos de investigación,

muestreo y exploración de suelos, ensayos de suelos, humedad contenida, análisis de granulometría - tamizado, límites de consistencia y/o atterberg, ensayo de suelos para determinar su comportamiento, próctor modificado, CBR, determinación del CBR de diseño.

Etapa N°03 Diseño del pavimento por AASHTO, según (AASHTO, 1993) para pavimentos rígidos determinaremos los espesores de pavimento, luego a ello determinaremos los índices de serviciabilidad. luego encontraremos los factores de distribución por direcciones, factor de distribución por carriles, cálculo del código de eje cargado, se calculará el número de ejes equivalentes, desviación estándar normal (z_r), niveles de confiabilidad y s_0 (error estándar), determinación de los módulos de reacción efectivo en la sub rasante, determinación de los coeficientes de drenaje (cd), los coeficientes de transmisión de carga, el módulo de elasticidad de concreto, el módulo de rotura del concreto y determinamos los espesores del pavimento por la ecuación de AASHTO 1993.

Etapa N°04 Diseño el pavimento por el PCA 1984, (Duravia, 1993), para este diseño se tendrá que determinar el tránsito futuro, la Resistencia del Concreto, la determinación del C.B.R., la estimación del Módulo de Reacción de la Sub base Granular, en función del Módulo de Reacción de la Sub - rasante, determinara el MR (módulo de Resiliencia) y finalmente de calcular el espesor del pavimento rígido.

Etapa N°05 Análisis del presupuesto, a través del cálculo de los costos de los metrados de la estructura de pavimento, a través de la metodología AASHTO 1993 y PCA 1984, individualmente, para diferenciarlo a nivel de costos.

3.6. Método de los análisis de datos

Según (Granados, 2011), los métodos a emplear son el método AASHTO 1993 y PCA 1984, a través de programas especializados de, Excel, de los mismo que se obtendrán datos para su análisis y descripción, puesto que se realizarán ensayos de suelos, a procesarse

con métodos de ingeniería: pavimentos, mecánica de los suelos, en laboratorios y transportes en campo, La estadística descriptiva es la forma que inicia la recolección de datos para obtener información.

3.7. Aspecto ético

La investigación se desarrolló de acuerdo a la línea de investigación determinado según normas y reglamentos de la (UCV) Universidad Cesar Vallejo, por lo que la presente investigación se desarrollara en función a los requisitos contemplados como; objetividad, originalidad y ética; puesto recopila conceptos de diversos autores reconociendo la autoría las ideas, respetando la propiedad intelectual, citando las investigaciones publicadas según corresponde (UCV, 2020).

IV. RESULTADOS

4.1. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Para obtener resultados se basa en 05 etapas:

Etapa 01 Estudio de transitabilidad

Se realizó en la Av. Héroes del Cenépa, de la ciudad de Ilave, puesto que para diseñar la vía se recomienda tener un registro de tránsito vehicular de las vías conexas o cercanas. A continuación, mostramos el volumen máximo diario registrado en un día durante la semana de aforo vehicular, aforo del día de máxima demanda Vehicular (IMDS). (01/02/2021 – 01/02/2021)

TABLA 4 Aforo de la máxima demanda vehicular

| INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL | | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------------------|-------------------|----|----|------|
| HORA | | VEHICULOS LIVIANOS | VEHICULOS PESADOS | | | |
| | | AUTO | B2 | C2 | C3 | T2S3 |
| 06:30 | 06:45 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:45 | 07:00 | 24 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 07:00 | 07:15 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 07:15 | 07:30 | 20 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 07:30 | 07:45 | 19 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 07:45 | 08:00 | 16 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 08:00 | 08:15 | 21 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 08:15 | 08:30 | 19 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 08:30 | 08:45 | 25 | 1 | 3 | 0 | 1 |
| 08:45 | 09:00 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:00 | 09:15 | 23 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 09:15 | 09:30 | 26 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 09:30 | 09:45 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:45 | 10:00 | 16 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 10:00 | 10:15 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10:15 | 10:30 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10:30 | 10:45 | 24 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 10:45 | 11:00 | 16 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 11:00 | 11:15 | 14 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11:15 | 11:30 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11:30 | 11:45 | 23 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 11:45 | 12:00 | 27 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 12:00 | 12:15 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12:15 | 12:30 | 26 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 12:30 | 12:45 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12:45 | 13:00 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 13:00 | 13:15 | 23 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 13:15 | 13:30 | 25 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13:30 | 13:45 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13:45 | 14:00 | 16 | 0 | 3 | 1 | 1 |
| 14:00 | 14:15 | 20 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| | | | | | | |
|--------------|-------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 14:15 | 14:30 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 14:30 | 14:45 | 24 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 14:45 | 15:00 | 22 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 15:00 | 15:15 | 24 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 15:15 | 15:30 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15:30 | 15:45 | 27 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 15:45 | 16:00 | 23 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 16:00 | 16:15 | 21 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 16:15 | 16:30 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16:30 | 16:45 | 28 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 16:45 | 17:00 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17:00 | 17:15 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 17:15 | 17:30 | 23 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 17:30 | 17:45 | 14 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 17:45 | 18:00 | 24 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 18:00 | 18:15 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18:15 | 18:30 | 16 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 18:30 | 18:45 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 18:45 | 19:00 | 26 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 19:00 | 19:15 | 21 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 19:15 | 19:30 | 25 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 19:30 | 19:45 | 24 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 19:45 | 20:00 | 21 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 20:00 | 20:15 | 14 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 20:15 | 20:30 | 12 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 20:30 | 20:45 | 15 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 20:45 | 21:00 | 12 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| TOTAL | | 1216 | 22 | 53 | 21 | 11 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, la composición del tránsito vehicular de nuestro estudio está determinado por:

TABLA 5 Resumen de composición de tráfico

| RESUMEN DE COMPOSICIÓN DE TRÁFICO | TIPO | UND. |
|---|-------------|-------------|
| Composición de vehículos ligeros. | A | 1216 |
| Composición de vehículos de transporte de pasajeros de 2 ejes | B2 | 22 |
| Composición de vehículos de carga de 2 ejes (Camiones). | C2 | 53 |
| Composición de vehículos de carga de 3 ejes (Camiones) | C3 | 21 |
| Composición de vehículos de carga de con remolque. | T2S3 | 11 |

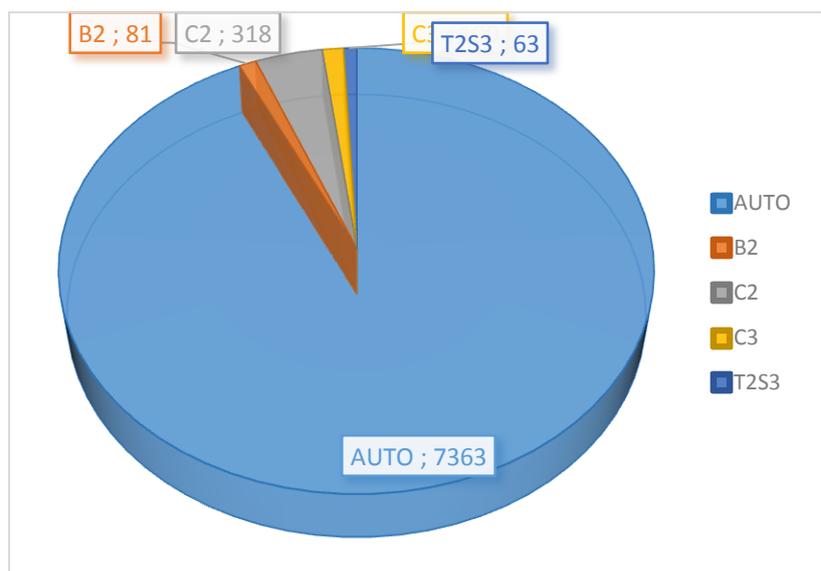
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 6 Estudio de tránsito vehicular

| DIAS | VEHICULOS LIVIANOS | VEHICULOS PESADOS | | | | TOTAL |
|-----------------|--------------------|-------------------|-----|-----|------|-------|
| | AUTO | B2 | C2 | C3 | T2S3 | |
| Domingo | 844 | 9 | 37 | 9 | 4 | 903 |
| Lunes | 1060 | 11 | 42 | 16 | 8 | 1137 |
| Martes | 1092 | 12 | 46 | 20 | 10 | 1180 |
| Miércoles | 1073 | 9 | 44 | 15 | 7 | 1148 |
| Jueves | 1042 | 11 | 48 | 15 | 12 | 1128 |
| Viernes | 1215 | 21 | 52 | 22 | 12 | 1322 |
| Sábado | 1037 | 8 | 49 | 3 | 10 | 1107 |
| TPDS | 7363 | 81 | 318 | 100 | 63 | 7925 |
| % Participación | 93% | 1% | 4% | 1% | 1% | 100% |

Fuente: Elaboración Propia

FÍGURA 2 TRANSITO VEHICULAR



Fuente: Elaboración Propia

Como sabemos el análisis de tránsito vehicular y contar con datos estadísticos de tránsito, son muy importantes para el diseño de pavimentos, ya que la vía estará expuesta a la carga vehicular, durante todo el periodo de vida útil. Podemos constatar que la participación de tránsito pesado en nuestra vía de estudio es baja, en cambio los vehículos ligeros abarcan el 93% de la totalidad.

Etapas 02 estudio de mecánica de suelos

Para conocer las características, químicas, mecánicas, físicas del suelo, para realizar la comparación entre las metodologías de AASHTO 1993 y PCA.

Calicata 01, Intersección de Av. Héroes del Cenépa con Jirón Circunvalación, con profundidad de 01.50 respecto a la superficie del terreno, llegando a un estrato 0.4 metros en espesor. Conformado por arenas, gravas, contaminadas con desperdicios.

Calicata 02, Intersección de Av. Héroes del Cenépa con jirón Mártires con profundidad de 01.56 respecto a la superficie del terreno, llegando a un estrato 0.4 metros en espesor. Conformado por arenas, gravas, contaminadas con desperdicios.

Calicata 03 Intersección de Av. Héroes del Cenépa con jirón 10 de mayo, con profundidad de 01.56 respecto a la superficie del terreno, llegando a un estrato 0.4 metros en espesor. Conformado por arenas, gravas, contaminadas con desperdicios.

Densidad seca Máxima y la Humedad

| Calicatas | DSM (gr/cm3) | Humedad Opt. |
|-----------|--------------|--------------|
| C-001 | 1.72 | 1.94 |
| C-003 | 1.94 | 2.21 |

Fuente: Elaboración Propia

C.B.R. por calicata

| Calicatas | CBR% |
|-----------|-------|
| C-001 | 10.41 |
| C-003 | 13.97 |

Fuente: Elaboración Propia

En el estudio no se encontró el NAF (nivel freático), suponiendo que se está ubicada a una profundidad mayor a dos metros bajo la superficie.

LÍMITES DE ATTENBERG

| <i>DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)</i> | | | | | |
|--|----------------------|------|--------|--------|--------|
| ID | DESCRIPCIÓN UND 1 | UNI. | 1 | 2 | 3 |
| G | Número de Golpes | N | 34 | 28 | 19 |
| H | Contenido de Humedad | % | 41.180 | 41.670 | 44.440 |

Fuente: Elaboración Propia

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | |
|---|--------------------------|------|-------|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UNI. | 1 | 2 |
| H | Promedio Límite Plástico | % | 23.81 | |

Fuente: Elaboración Propia

| | |
|------------|--------------|
| LL = | 42.43 |
| LP = | 23.81 |
| IP= | 19.08 |

Próctor modificado

TABLA 7 Compactación de próctor modificado

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| N | Promedio Contenido de humedad | % | 12.20 | 13.20 | 16.20 | 17.45 |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.59 | 1.74 | 1.81 | 1.49 |

Fuente: Elaboración Propia

| | |
|---------------------|-------|
| OPTIMO C.H.: | 15.10 |
| Máxima D.S.: | 1.86 |

Fuente: Elaboración Propia

1.1.1. CBR

TABLA 8 Compactación de CBR del material

| ENSAYO | COMPACTACION DE CBR | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | CARACTERISTICAS DE LOS MOLDES | | | | | | | | |
| Molde N° | M1 | | | M2 | | | M3 | | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.91 | 1.94 | 2.00 | 2.04 | 2.15 | 2.21 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Ensayo N° | 1- A | 1- B | 1- C | 2- A | 2- B | 2- C | 3- A | 3- B | 3- C |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.72 | | | 1.80 | | | 1.94 | | |

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 9 Ensayo carga – penetración suelo natural

| ENSAYO | | CARGA - PENETRACION SUELO NATURAL | | | | | | | | |
|-------------|--------|-----------------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 1 | | | MOLDE N° 2 | | | MOLDE N° 3 | | |
| (mm) | (pulg) | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| | | | kg/cm2 | Lb/pulg2 | | kg/cm2 | Lb/pulg2 | | kg/cm2 | Lb/pulg2 |
| 2.54 | 0.10 | 280 | 31.45 | 92 | 410 | 46.05 | 134.71 | 490 | 55.03 | 161.10 |
| 5.08 | 0.20 | 480 | 53.88 | 157.73 | 690 | 77.46 | 226.71 | 790 | 88.71 | 259.57 |

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 10 CBR y densidad

| ENSAYO | ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN | | | | | |
|-----------------|---|-------|------------|-------|------------|-------|
| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
| Penetración (") | 0.1 " | 0.2 " | 0.1 " | 0.2 " | 0.1 " | 0.2 " |
| CBR (%) | 9.21 | 10.50 | 13.48 | 15.10 | 16.09 | 17.32 |
| Ds (GR/CM3) | 1.71 | | 1.81 | | 1.95 | |

Fuente: Elaboración Propia

Etapas 03 Diseño del Pavimento Rígido, Metodología AASHTO 93.

El Pavimento rígido a diseñar corresponde a la Avenida Héroes de Cenépa de la Ciudad de Ilave.

a) El periodo de Diseño – AASHTO

Determinación del periodo de diseño - Metodología AASHTO 1993, del Pavimento Rígido.

TABLA 11 Tipo de vía y diseño

| TIPO DE CARRETERA/VÍA | PERIODO DE DISEÑO |
|--|-------------------|
| Urbana con altos volúmenes de tránsito. | 30 a 50 años |
| Interurbana con altos volúmenes de tránsito. | 20 a 50 años |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15 a 25 años |
| Revestidas con bajos volúmenes de tránsito. | 10 a 20 años |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Elegiremos un periodo de diseño de 20 años. **Tiempo = 20 años.**

b) Espesor del pavimento

Determinamos los números de ejes equivalente de los vehículos de diseño es de 8.20 toneladas, es decir 18 Kips, propuesto por el método AASHTO 1993, por lo que se deberá asumir un espesor de losa con un parámetro para determinar los números de ejes equivalentes. Por lo que se asumirá como espesor:

Espesor = 200 mm

c) Índice de serviciabilidad

Para determinar los índices de serviciabilidad determinaremos:

TABLA 12 Serviciabilidad inicial

| INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL |
|------------------------------------|
| Po = 4.5 para pavimentos rígidos |
| Po = 4.2 para pavimentos flexibles |

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 20210)

TABLA 13 Serviciabilidad final

| INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL |
|---|
| Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes |
| Pt = 2.0 para caminos de transito menor |

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 20210)

Por lo tanto, reemplazamos:

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 4.50 - 2.00$$

$\Delta \text{ PSI} = 2.50$

d) Factor de distribución, por dirección

TABLA 14 Factor de distribución – dirección.

| Nº de carriles en ambas direcciones | Valor |
|-------------------------------------|-------|
| 2 | 0.50 |
| 4 | 0.45 |
| 6 o más | 0.40 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que determinamos $D = 0.50$

e) Factor de distribución carril

TABLA 15 Factor de distribución - carril

| Nº DE CARRIL EN CADA SENTIDO | % DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 - 100 |
| 3 | 60 - 80 |
| 4 o más | 50 - 75 |

Fuente: Elaboración Propia

El número de factor de distribución por carril a considerar es $L = 1$

f) Código de eje

| | |
|--------|------------|
| L2 = 1 | Eje simple |
| L2 = 2 | Eje simple |
| L2 = 3 | Eje simple |

El valor depende del tipo del eje (L2) en relación al pavimento. En este paso se determina los parámetros indispensables para encontrar el número de ejes equivalentes:

Tiempo = 20 años

Espesor = 200 mm

Pt = 2 serviciabilidad final

D = 0.5 factor de dirección (ida y vuelta).

L = 01 carril (cada sentido)

W 18 = 100%

El indicador de W18 es el porcentaje de vehículos equivalentes de 08.20 toneladas (18 Kips), que transitan por el carril y representa el 100 %.

g) Cálculo del Número de ejes equivalentes.

TABLA 16 Cálculo del número de ejes

| Parámetros | Vehículo Ligero | | Bus | | Camión | | | | Semitrailer | | |
|--------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | Auto | | 02 E | | C2 | | C3 | | T2S3 | | |
| | Delantero | Posterior | Delantero | Posterior | Delantero | Posterior | Delantero | Posterior | Delantero | Central | Posterior |
| CARGA (Tn) | 1 | 0.81 | 7 | 11 | 7 | 11 | 7 | 18 | 7 | 11 | 25 |
| Lx (kips) | 2.22 | 1.77 | 15.44 | 24.26 | 15.44 | 24.26 | 15.44 | 39.71 | 15.44 | 24.26 | 55.15 |
| no | 1214 | 1214 | 21 | 21 | 52 | 52 | 22 | 22 | 12 | 12 | 12 |
| r% | 0.0033 | 0.031 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Gt | -0.081 | -0.081 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 | -0.08 |
| L2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| B18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bx | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| log(Wtx/Wt) | 3.576 | 3.874 | 0.29 | -0.57 | 0.29 | -0.57 | 0.29 | -0.59 | 0.29 | -0.57 | -0.68 |
| G = Wt/Wtx | 0 | 0 | 0.51 | 3.73 | 0.51 | 3.73 | 0.51 | 3.89 | 0.51 | 3.73 | 4.78 |
| G Y | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 | 26.87 |
| ESAL | 1602.36 | 808.52 | 52788.48 | 384189.48 | 130714.36 | 951326.37 | 55302.21 | 419822.88 | 30164.85 | 219536.85 | 281223.70 |
| PARCIAL | 2410.88 | | 436977.96 | | 1557165.82 | | | | 530925.40 | | |
| TOTAL | 2527480.06 | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

h) Niveles de confiabilidad

TABLA 17 Nivel De Confiabilidad

| TIPO DE CARRETERA | NIVELES DE CONFIABILIDAD R | |
|--------------------|----------------------------|-----------|
| | Suburbanas | Rurales |
| Autopista Regional | 85 - 99.90 | 80 - 99.9 |
| Local | 80 - 99 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 50 - 80 |

Fuente: Elaboración Propia

Trabajaremos con el nivel de confiabilidad de **R : 80 %**

i) Desviación Estándar Normal (ZR) y Error Estándar Combinado (S0)

Respecto al R, Niveles de confiabilidad

TABLA 18 Niveles de confiabilidad

| CONFIABILIDAD R (%) | (ZR) | (So) |
|---------------------|--------|--------|
| 50.00 | 0.000 | 0.350 |
| 60.00 | -0.253 | 0.350 |
| 70.00 | -0.524 | 0.340 |
| 75.00 | -0.647 | 0.340 |
| 80.00 | -0.841 | 0.320 |
| 85.00 | -1.037 | 0.320 |
| 90.00 | -1.282 | 0.310 |
| 91.00 | -1.340 | 0.310 |
| 92.00 | -1.405 | 0.300 |
| 93.00 | -1.476 | 0.300 |
| 94.00 | -1.555 | 0.300 |
| 95.00 | -1.645 | 0.300 |
| 96.00 | -1.751 | 0.290 |
| 97.00 | -1.881 | 0.290 |
| 98.00 | -2.054 | 0.290 |
| 99.00 | -2.327 | 0.290 |
| 99.90 | -3.090 | 0.290 |
| 99.99 | -3.750 | 0.290 |

Fuente: (ICG, 2017)

Se está tomando en cuenta una confiabilidad del 80%, con una desviación estándar normal de – 0.841 y se consideró un error estándar combinado de 0.320.

j) Determinación del Módulo de Reacción Efectivo de la Sub rasante

Determinaremos a través del método empírico

Datos de la sub base:

$$\text{CBR} = 20\%$$

Ecuación Guía mecánica Empírica NCHRP

$$\text{MR} = 2555 (\text{CBR})^{0.64}$$

$$\text{MR} = 17380.013$$

$$\text{psi} = 119.92 \text{ Mpa}$$

Regresión Exponencial

$$\text{MR} = 1910 (\text{CBR})^{0.68}$$

$$\text{MR} = 14646.497$$

$$\text{psi} = 101.06 \text{ Mpa}$$

Regresión Polinómica 2°

Solo para CBR < 55 %

$$\text{MR} = -7.5 \text{ CBR}^2 + 800 \text{ CBR} + 1820$$

$$\text{MR} = 15220$$

$$\text{psi} = 105.02 \text{ Mpa}$$

Mínimo: Módulo de elasticidad de la sub base (ME) = 101.06 Mpa

Datos de la sub rasante, considerando el CBR = 13.00 %

Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$\text{MR} = 2556 (\text{CBR})^{0.64}$$

$$\text{MR} = 13192.122$$

$$\text{psi} = 91.03 \text{ Mpa}$$

Ecuación de After Van Til et al (regresión exponencial)

$$\text{MR} = 5491 (\text{CBR})^{0.30}$$

$$\text{MR} = 11851.01$$

$$\text{psi} = 81.77 \text{ Mpa}$$

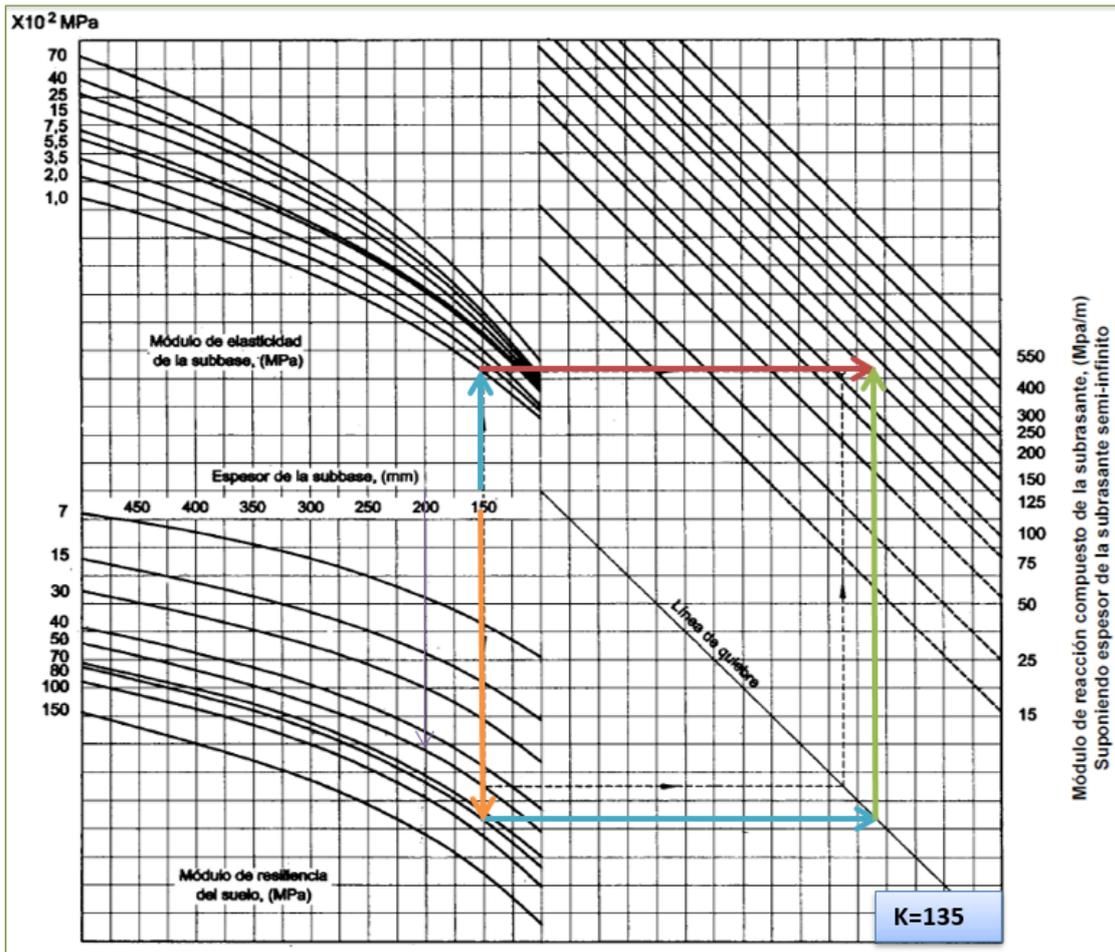
Mínimo: Módulo de resiliencia del suelo (MR) = 81.77 Mpa

Con los datos arriba mencionado podemos entrar al nomograma para hallar el módulo de reacción compuesto.

Nomograma

Estimamos el espesor de la sub base como dato preliminar en 150 mm., obteniendo así módulo resiliente del suelo y módulo de elasticidad de la sub base, finalmente proyectamos con flechas y obtenemos el módulo de reacción compuesto.

FÍGURA 3 Cálculo del módulo de reacción compuesto de la sub rasante, a través de abaco



A través de la figura anterior determinamos el valor del Módulo de Reacción Compuesto de la Sub rasante que es $K = 135$ Mpa.

Método de las fórmulas AASHTO para determinar el módulo de reacción compuesto de la sub rasante (K).

Datos de la sub base:

Considerando $CBR = 20.00 \%$

Si $CBR \leq 10$ $K_1 = 2.55 + 52.5 \text{ LOG} (CBR)$

Si $CBR > 10$ $K_1 = 46 + 9.08 (\text{LOG} (CBR))^{4.34}$

$K_1 = 74.45$ Mpa/m.

Datos del suelo de fundación:

Considerando $CBR = 13.00 \%$

Si $CBR \leq 10$

$K_0 = 2.55 + 52.5 \text{ LOG} (CBR)$

Si $CBR > 10$

$$K_0 = 46 + 9.08 (\text{LOG (CBR)})^{4.34}$$

$$K_0 = 60.50 \text{ Mpa/m}$$

Con los valores de K_0 y K_1 , aplicamos la ecuación anterior, para determinar el módulo de reacción compuesto de la sub rasante.

Por lo tanto:

El módulo de reacción compuesto de la sub rasante es:

$$(K) = 65.69 \text{ Mpa/m}$$

k) Determinación del coeficiente de drenaje (C_d):

TABLA 19 Coeficiente del drenaje

| CALIDAD DEL DRENAJE | TIEMPO DE EVACUACION DEL AGUA |
|---------------------|-------------------------------|
| Excelente | 02 horas |
| Bueno | 01 día |
| Mediano | 01 semana |
| Malo | 01 mes |
| Muy malo | No evacua el agua |

Fuente: (ICG, 2017)

TABLA 20 Calidad de drenaje

| Calidad del Drenaje | % del tiempo de exposición de la estructura del pavimento a niveles de humedad próximos a saturación | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | Menos de 1% | 1 % - 5 % | 5 % - 25 % | Más del 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Mediano | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Malo | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: (ICG, 2017)

Suelos y Pavimentos

Por lo tanto, escogemos $C_d = 0.90$

l) Coeficiente de transmisión de cargas.

TABLA 21 Coeficiente de transmisión

| Tipo de Pavimento | Elemento de transmisión de carga | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | Con. Asfáltico | | Con. Hidráulico | |
| | SI | NO | SI | NO |
| No reforzado o reforzado con juntas | 3.2 | 3.8 - 4.4 | 2.5 - 3.1 | 3.6 - 4.2 |
| Reforzado continuo | 2.9 - 3.2 | - | 2.3 - 2.9 | - |

Fuente: (Londoño, 2005)

Por lo tanto, se considera el coeficiente de trasmisión de cargas $J = 3.00$

m) Módulo de Elasticidad del Concreto.

$$\text{Concreto } f'c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 57000 (f'c)^{0.5}$$

$$E_c = 3'597,088$$

$$\text{psi} = 24,819.8 \text{ Mpa}$$

n) Módulo de Rotura del Concreto.

$$\text{Concreto } f'c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$S'c = 632.1$$

$$\text{psi} = 4.345 \text{ Mpa}$$

o) Determina el Espesor del Pavimento a través de la Fórmula AASHTO 1993.

Parámetros para el cálculo del espesor del pavimento:

$$K = 65.69 \text{ Mpa/m}$$

$$S_o = 0.32$$

$$E_c = 24820 \text{ Mpa}$$

$$R = 80 \% \quad \text{entonces } Z_R = -0.841$$

$$S'c = M_r = 4.35 \text{ Mpa}$$

$$P_t = 2$$

$$J = 3.00$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

$$C_d = 0.90$$

$$W_{82} = 2527480.148$$

$$D = "X" \text{ mm}$$

$$D = 185.40 \text{ mm}$$

Aplicando la fórmula:

1er miembro = Segundo miembro

$$6.403 = -0.26912 + 6.691962861 + 0.062229377 + 0.045378281$$

$$6.4035 = 6.4062$$

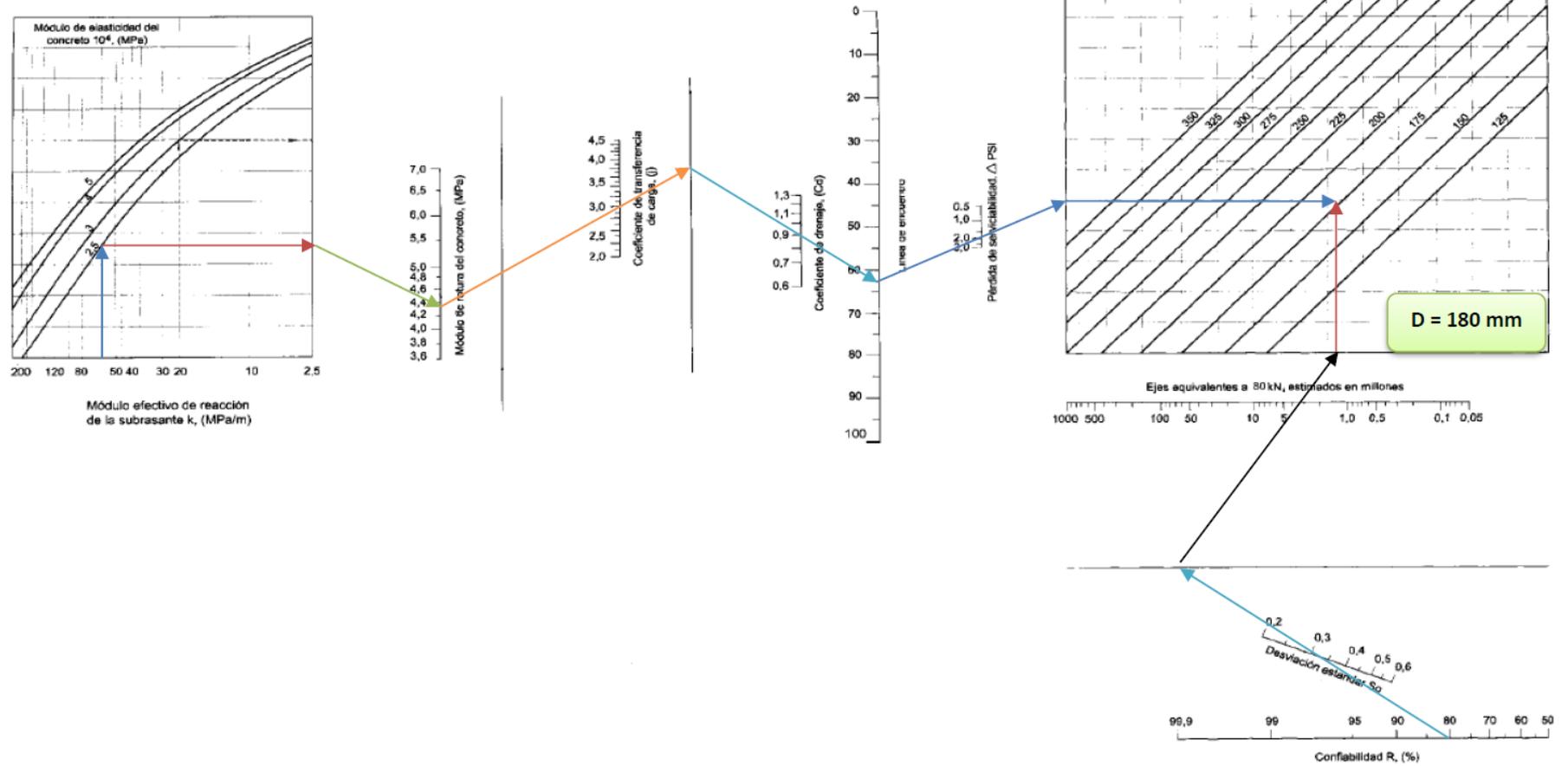
Por lo tanto, el espesor de pavimento consideraremos de **19.10 cm.**

Diseño del pavimento del pavimento por Abaco, según el método AASHTO.

Para calcular el espesor del pavimento rígido por AASHTO 1993, se considerará los parámetros que utilizamos en la fórmula, según el abaco, calculamos el espesor del pavimento:

FÍGURA 4 Nomograma método AASHTO

Nomograma AASHTO



Fuente:

Elaboración

Propia

De forma tal determinamos el espesor de pavimento de concreto a través del método AASHTO, con la formula y el nomograma. Representamos en la siguiente figura:

FÍGURA 5 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO, MÉTODO AASHTO.

Losa de Concreto = 18.80 cm

Base Granular = 15.30 cm

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO DEL PAVIMENTO – MÉTODO AASHTO:

Al diseñar el pavimento por la metodología AASHTO 1993, primero encontramos todos los parámetros necesarios, para la ecuación. para calcular el espesor del pavimento rígido.

$$K = 65.69 \text{ Mpa / m}$$

$$S_o = 0.3200$$

$$E_c = 24821 \text{ Mpa}$$

$$R = 80 \% , \text{ entonces } Z_R = - 0.841$$

$$S'_c = M_r = 4.35 \text{ Mpa}$$

$$P_t = 02.00$$

$$J = 03.00$$

$$\Delta PSI = 2.501$$

$$C_d = 0.900$$

$$W_{82} = 2527480.148$$

$$D = \text{“X”}$$

$$D = 188.00 \text{ mm}$$

De esta manera determinamos un espesor de pavimento rígido de 19.00 cm (7.5 pulgadas).

Etapas 04 Diseño del Pavimento Rígido, Metodología PCA.

a) Determinación de tránsito futuro

TABLA 22 Trafico Proyectado

| VEHÍCULOS | | VEH/DIA 2021 | VEH/DIA 2041 |
|---------------------|------|--------------|--------------|
| Vehículo ligero | A | 1216 | 2197 |
| Bus | B2 | 22 | 40 |
| Camión 2 ejes | C2 | 53 | 96 |
| Camión 3 ejes | C3 | 21 | 38 |
| Semi tráiler | T2S3 | 11 | 20 |
| Total | | 1323 | 2391 |

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

T_n : Tránsito en el año enésimo

T_i : Tránsito en el año cero

R : tasa de crecimiento normal 3%

n' : número de años hasta cuando se empieza a construir el pavimento

año de los datos de tráfico : 2021

$$T_n = T_i(1+r)^n$$

$$r = 3.00\%$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$T_i = 1321$$

$$T_n = 1321 (1 + 0.03)^{20}$$

$$T_n = 2,391 \text{ vehículos}$$

b) Factor de diseño

Según el (MVCS, 2018), establece que en Pavimentos de Concreto Hidráulico podemos tomar valores desde 280kg/cm², este valor es el que tomaremos nosotros, por tratarse de una vía de bajo volumen de tránsito vehicular.

Determinación del C.B.R.: Según los Estudios de Mecánica de Suelos, se obtuvo el siguiente valor de CBR, de acuerdo al tipo de suelo.

$$\text{CBR de diseño sub rasante} = 13\%$$

c) Diseño

TABLA 23 Determinación del módulo de reacción (K) en el CBR

| CBR | K | CBR | K | CBR | K | CBR | K |
|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 2.00 | 2.00 | 7.00 | 5.30 | 14.00 | 7.20 | 33.00 | 10.00 |
| 2.10 | 2.10 | 7.60 | 5.60 | 15.00 | 7.30 | 35.00 | 10.50 |
| 2.80 | 2.80 | 8.00 | 5.70 | 16.00 | 7.50 | 39.00 | 11.20 |
| 3.00 | 3.00 | 9.00 | 6.00 | 18.00 | 7.80 | 43.00 | 12.00 |
| 4.00 | 3.90 | 10.00 | 6.20 | 20.00 | 8.00 | 47.00 | 13.00 |
| 4.70 | 4.20 | 11.00 | 6.50 | 22.00 | 8.40 | 52.00 | 14.00 |
| 5.00 | 4.40 | 12.00 | 6.70 | 25.00 | 8.80 | 57.00 | 15.00 |
| 6.00 | 4.90 | 13.00 | 6.90 | 30.00 | 9.60 | 64.00 | 16.80 |

Fuente: (ICG, 2017)

Consideración del C.B.R.

| CBR | K |
|-----------------------------------|-----|
| 12 | 6.7 |
| 13 | K |
| 14 | 7.2 |
| K = 6.94 Kg/cm³ | |

Fuente: Elaboración Propia

Determinación del Módulo de Reacción de la Sub base (Kc).

Determinación del Módulo de Reacción de la Sub base Granular, en función de:

TABLA 24 Módulo de reacción de la sub rasante

| Valor K Subrasante | Valor K (Kg/cm ³) sobre la base de espesor | | | | |
|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 22.50 | 30.00 |
| 1.40 | 1.80 | 2.10 | 2.30 | 2.40 | 3.10 |
| 2.10 | 2.70 | 3.00 | 3.27 | 3.40 | 4.20 |
| 2.80 | 3.60 | 3.90 | 4.23 | 4.40 | 5.30 |
| 5.50 | 6.10 | 6.40 | 7.13 | 7.50 | 8.90 |
| 8.30 | 8.90 | 9.10 | 9.90 | 10.30 | 11.90 |

Fuente: Elaboración Propia

| CBR | Kc |
|------------------------------------|------|
| 5.50 | 6.40 |
| 6.95 | Kc |
| 8.30 | 9.10 |
| Kc = 7.81 Kg/cm³ | |

Fuente: Elaboración Propia

Determinación del Módulo de Resiliencia (MR)

Según el método de PCA propone el cálculo del módulo de resiliencia en función a la resistencia del concreto, se tiene:

$$f'c = 280 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$MR = 0.15 * f'c$$

$$MR = 42.00 \text{ Kg/cm}^2$$

TABLA 25 Cálculo del número de ejes equivalente de diferentes pesos

| Tipo de vehículo | Veh/día | FDIR | FDIST | Veh/Carril | 7 TN | 11 TN | 18.0 TN | 25 TN |
|------------------|---------|------|-------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| B2 | 21 | 0.5 | 1 | 11 | 11 | 11 | | |
| T2S3 | 12 | 0.5 | 1 | 6 | 6 | 6 | | 6 |
| C2 | 52 | 0.5 | 1 | 26 | 25 | 25 | | |
| C3 | 22 | 0.5 | 1 | 11 | 11 | | 11 | |
| TOTAL | | | | | 53 | 42 | 11 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia

Factor de Crecimiento:

$$n = 20 \text{ años}$$

$$r = 3.00\%$$

r: consideramos una tasa normal.

FC: factor de crecimiento vehicular (%)

$$FC = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad n: \text{ periodo de diseño del pavimento}$$

$$FC = 26.88$$

Ejes de X Tn / Período de Diseño:

$$\text{Ejes de 07 Tn (15.4 kips)} = 529,615.08$$

$$\text{Ejes de 11 Tn (24.1 kips):} = 421,730.53$$

$$\text{Ejes de 18 Tn (39.5 kips):} = 107,884.55$$

$$\text{Ejes de 25 Tn (54.8 kips):} = 58,846.12$$

d) Cálculo del Espesor del Pavimento Rígido.

Para calcular el espesor del pavimento a través de la metodología del PCA, se necesita asumir un espesor de pavimento y finalmente determinar un valor con el cual cumpla el diseño de fatiga y erosión, cuyo en porcentaje sea menor al 100%.

Se tiene los siguientes datos para el cálculo del espesor:

| | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------|----------|-------------|
| K Subrasante: | 6.94 | Kg/cm^3 | 253.08 | <i>pci</i> |
| K Combinado: | 7.81 | Kg/cm^3 | 284.04 | <i>pci</i> |
| Espesor de Losa propuesto: | 0.2286 | m | 9 | pulg |
| Subbase (h): | 0.152 | m | | |
| Factor de Seguridad por Carga: | 1.10 | | | |
| Módulo de Ruptura Propuesto: | 42 | Kg/cm^2 | 597.3 | <i>psi</i> |

Para el primer tanteo, se tomará como espesor de losa de 9 pulgadas (22.9 cm).

TABLA 26 Cálculo del espesor del pavimento, e= 09 pulgadas. (22.9 cm).

| CARGA POR EJE | CARGA POR EJE X | Nº REPETICIONES ESPERADAS | ANÁLISIS DE FATIGA | | ANÁLISIS DE EROSIÓN | |
|---------------------|-----------------|--|----------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------|
| | | | Nº REPETICIONES ADMISIBLES | CONSUMO DE FATIGA | NÚMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES | DAÑO POR EROSION |
| (Kips) | FSC | | | (%) | | (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| EJES SIMPLES | | Esf. Equivalente: 190, Factor de relación de esfuerzos: 0.318 | | | Factor de erosión: 2.63 | |
| 15.4 | 16.94 | 529615.08 | Indeterminado | 0.00% | Indeterminado | 0.00% |
| 24.1 | 26.51 | 421730.53 | 4000000 | 10.53% | 6000000 | 7.03% |
| EJES TÁNDEM | | Esf. Equivalente: 163 Factor de relación de esfuerzos: 0.273 | | | Factor de erosión: 2.7 | |
| 39.5 | 43.45 | 107884.55 | Indeterminado | 0.00% | 10450000 | 1.03% |
| EJES TRIDEM | | Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos: | | | Factor de erosión | |
| 54.8 | 20.0933 | | | 0.00% | | 0.00% |
| | | | | 0.00% | | 0.00% |
| TOTAL | | | | 10.53% | TOTAL | 8.061% |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior, se observa que el diseño del pavimento cumple el análisis de fatiga y erosión, puesto que la suma no sobrepasa el 100%, el número de repeticiones admisibles o permisibles es mayor que el número de repeticiones esperadas de esta forma analizamos que el espesor asumido es correcto, para el periodo de diseño seleccionado.

TABLA 27 Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple/eje tandem)

| Espesor de losa (pulg.) | k de la subrasante - subbase, pci | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 | 700 |
| 4 | 825/679 | 726/585 | 671/542 | 634/516 | 584/486 | 523/457 | 484/443 |
| 4.5 | 699/586 | 616/500 | 571/460 | 540/435 | 498/406 | 448/378 | 417/363 |
| 5 | 602/516 | 531/436 | 493/399 | 467/376 | 432/349 | 390/321 | 363/307 |
| 5.5 | 526/461 | 464/387 | 431/353 | 409/331 | 379/305 | 343/278 | 320/264 |
| 6 | 465/416 | 411/348 | 382/316 | 362/296 | 336/271 | 304/246 | 285/232 |
| 6.5 | 417/380 | 367/317 | 341/286 | 324/267 | 300/244 | 273/220 | 256/207 |
| 7 | 375/349 | 331/290 | 307/262 | 292/244 | 271/222 | 246/199 | 231/186 |
| 7.5 | 340/323 | 300/268 | 279/241 | 265/224 | 246/203 | 224/181 | 210/169 |
| 8 | 311/300 | 274/249 | 255/223 | 242/208 | 225/188 | 205/167 | 192/155 |
| 8.5 | 285/281 | 252/232 | 234/208 | 222/193 | 206/174 | 188/154 | 177/143 |
| 9 | 264/264 | 232/218 | 216/195 | 205/181 | 190/163 | 174/144 | 163/133 |
| 9.5 | 245/248 | 215/205 | 200/183 | 190/170 | 176/153 | 161/134 | 151/124 |
| 10 | 228/235 | 200/193 | 186/173 | 177/160 | 164/144 | 150/126 | 141/117 |
| 10.5 | 213/222 | 187/183 | 174/164 | 165/151 | 153/136 | 140/119 | 132/110 |
| 11 | 200/211 | 175/174 | 163/155 | 154/143 | 144/129 | 131/113 | 123/104 |
| 11.5 | 188/201 | 165/165 | 153/148 | 145/136 | 135/122 | 123/107 | 116/98 |
| 12 | 177/192 | 155/158 | 144/141 | 137/130 | 127/116 | 116/102 | 109/93 |
| 12.5 | 168/183 | 147/151 | 136/135 | 129/124 | 120/111 | 109/97 | 103/89 |
| 13 | 159/176 | 139/144 | 129/129 | 122/119 | 113/106 | 103/93 | 97/85 |
| 13.5 | 152/168 | 132/138 | 122/123 | 116/114 | 107/102 | 98/89 | 92/81 |
| 14 | 144/162 | 125/133 | 116/118 | 110/109 | 102/98 | 93/85 | 88/78 |

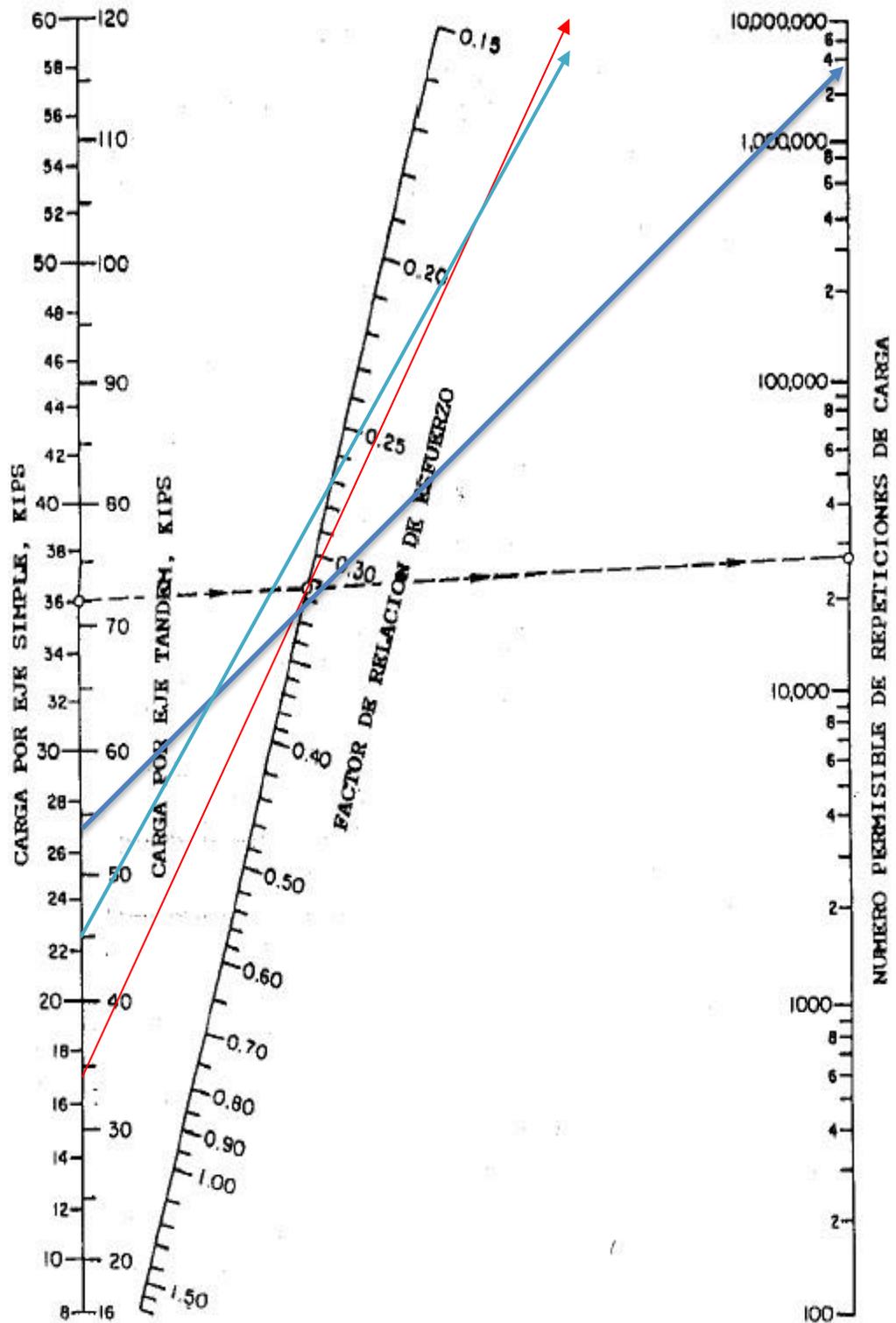
Fuente: (AASHTO, 1993)

TABLA 28 Factor de erosión - juntas con dowels, sin berma de concreto (eje simple/eje tandem)

| Espesor de losa (pulg.) | k de la subrasante - subbase, pci | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 700 | |
| 4 | 3.74/3.83 | 3.73/3.79 | 3.72/3.75 | 3.71/3.73 | 3.70/3.70 | 3.68/3.67 | |
| 4.5 | 3.59/3.70 | 3.57/3.65 | 3.56/3.61 | 3.55/3.58 | 3.54/3.55 | 3.52/3.53 | |
| 5 | 3.45/3.58 | 3.43/3.52 | 3.42/3.48 | 3.41/3.45 | 3.40/3.42 | 3.38/3.40 | |
| 5.5 | 3.33/3.47 | 3.31/3.41 | 3.29/3.36 | 3.28/3.33 | 3.27/3.30 | 3.26/3.28 | |
| 6 | 3.22/3.38 | 3.19/3.31 | 3.18/3.26 | 3.17/3.23 | 3.15/3.20 | 3.14/3.17 | |
| 6.5 | 3.11/3.29 | 3.09/3.22 | 3.07/3.16 | 3.06/3.13 | 3.05/3.10 | 3.03/3.07 | |
| 7 | 3.02/3.21 | 2.99/3.14 | 2.97/3.08 | 2.96/3.05 | 2.95/3.01 | 2.94/2.98 | |
| 7.5 | 2.93/3.14 | 2.91/3.06 | 2.88/3.00 | 2.87/2.97 | 2.86/2.93 | 2.84/2.90 | |
| 8 | 2.85/3.07 | 2.82/2.99 | 2.80/2.93 | 2.79/2.89 | 2.77/2.85 | 2.76/2.82 | |
| 8.5 | 2.77/3.01 | 2.74/2.93 | 2.72/2.86 | 2.71/2.82 | 2.69/2.78 | 2.68/2.75 | |
| 9 | 2.70/2.96 | 2.67/2.87 | 2.65/2.80 | 2.63/2.76 | 2.62/2.71 | 2.61/2.68 | |
| 9.5 | 2.63/2.90 | 2.60/2.81 | 2.58/2.74 | 2.56/2.70 | 2.55/2.65 | 2.54/2.62 | |
| 10 | 2.56/2.85 | 2.54/2.76 | 2.51/2.68 | 2.50/2.64 | 2.48/2.59 | 2.47/2.56 | |
| 10.5 | 2.50/2.81 | 2.47/2.71 | 2.45/2.63 | 2.44/2.59 | 2.42/2.54 | 2.41/2.51 | |
| 11 | 2.44/2.76 | 2.42/2.67 | 2.39/2.58 | 2.38/2.54 | 2.36/2.49 | 2.35/2.45 | |
| 11.5 | 2.38/2.72 | 2.36/2.62 | 2.33/2.54 | 2.32/2.49 | 2.30/2.44 | 2.29/2.40 | |
| 12 | 2.33/2.68 | 2.30/2.58 | 2.28/2.49 | 2.26/2.44 | 2.25/2.39 | 2.23/2.36 | |
| 12.5 | 2.28/2.64 | 2.25/2.54 | 2.23/2.45 | 2.21/2.40 | 2.19/2.35 | 2.18/2.31 | |
| 13 | 2.23/2.61 | 2.20/2.50 | 2.18/2.41 | 2.16/2.36 | 2.14/2.30 | 2.13/2.27 | |
| 13.5 | 2.18/2.57 | 2.15/2.47 | 2.13/2.37 | 2.11/2.32 | 2.09/2.26 | 2.08/2.23 | |
| 14 | 2.13/2.54 | 2.11/2.43 | 2.08/2.34 | 2.07/2.29 | 2.05/2.23 | 2.03/2.19 | |

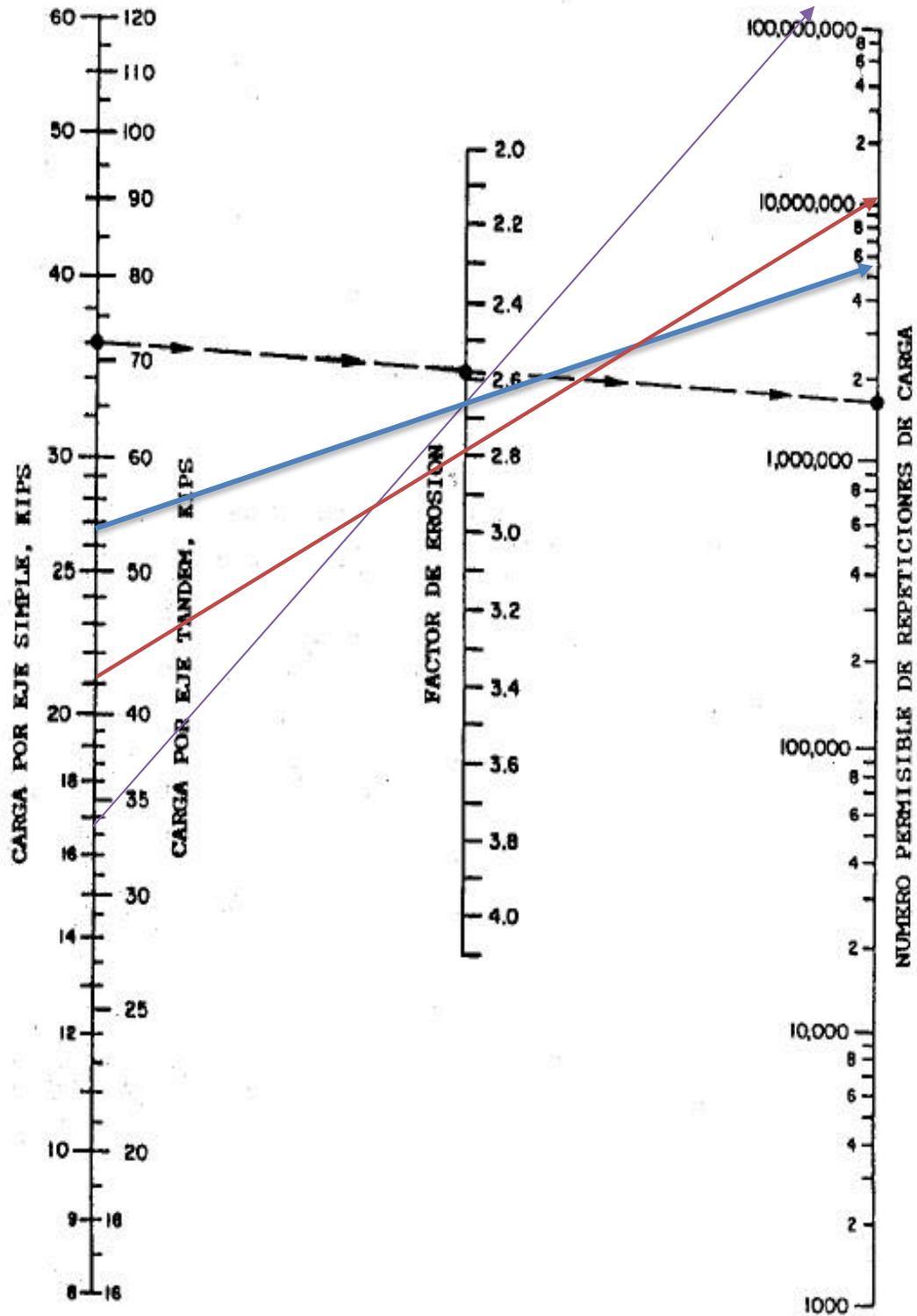
Fuente: (AASHTO, 1993)

FÍGURA 6 Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo (con y sin berma de hormigón)



Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO 1993.

FIGURA 7 Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón).



Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO 1993.

Para el segundo tanteo, tomamos un espesor de losa de 8.5 pulgadas (22 cm).

TABLA 29 Análisis de fatiga y erosión

| Carga por eje KIPS | Carga por eje x FSC | N° de repeticiones esperadas | ANÁLISIS DE FATIGA | | ANÁLISIS DE EROSIÓN | |
|---------------------|---------------------|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------|
| | | | N° de repeticiones admisibles | Consumo de Fatiga % | N° admisible de repeticiones | Daño por erosión % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| EJES SIMPLES | | Esf. Equivalente: 206 Factor de relación de esfuerzos: 0.345 | | | Factor de erosión: 2.71 | |
| 15.40 | 16.93 | 529615.08 | Indeterminado | 0.00% | Indeterminado | 0.00% |
| 24.10 | 26.51 | 421730.53 | 390000 | 108.15% | 4200000 | 10.03% |
| EJES TÁNDEM | | Esf. Equivalente: 174 Factor de relación de esfuerzos: 0.291 | | | Factor de erosión: 2.82 | |
| 39.50 | 43.45 | 107884.55 | Indeterminado | 0.00% | 6000000 | 1.80% |
| EJES TRIDEM | | Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos: | | | Factor de erosión | |
| 54.80 | 20.09 | | | 0.00% | | 0.00% |
| | | | TOTAL | 108.15% | TOTAL | 11.83% |

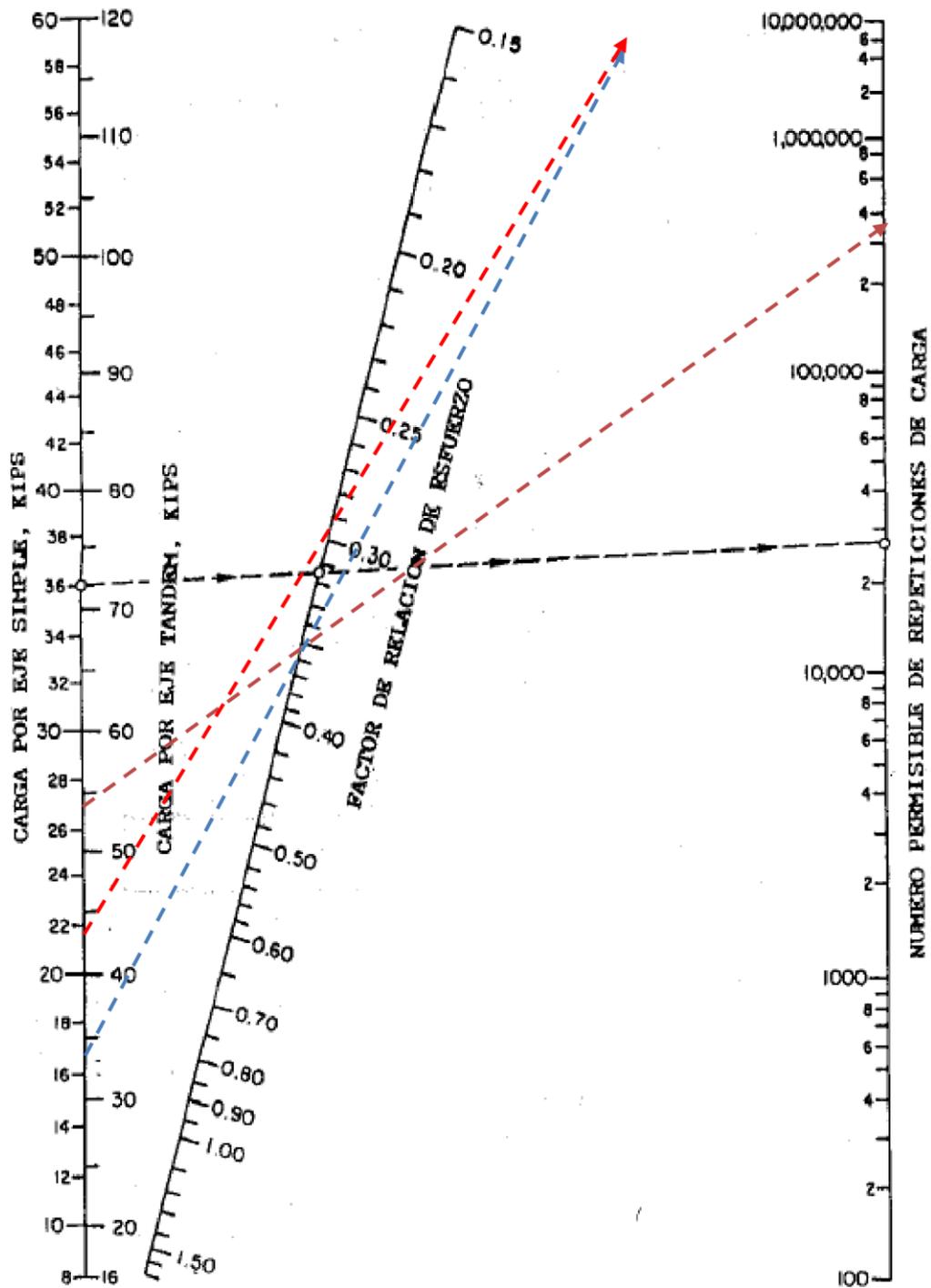
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior, se observa que el diseño no es adecuado, ya que el consumo de fatiga, sobrepasa el 100% de las repeticiones admisibles, por erosión cumple, pero; no cumple por ambos diseños que se requiere, por lo que, no se opta por el espesor de 8.5 pulgadas o 22 cm.

No se toma en cuenta la carga por ejes trídem, por tratarse de una avenida con bajo volumen de tránsito vehicular. Además, los vehículos de 3 ejes que transitan en el lugar de estudio es escaso.

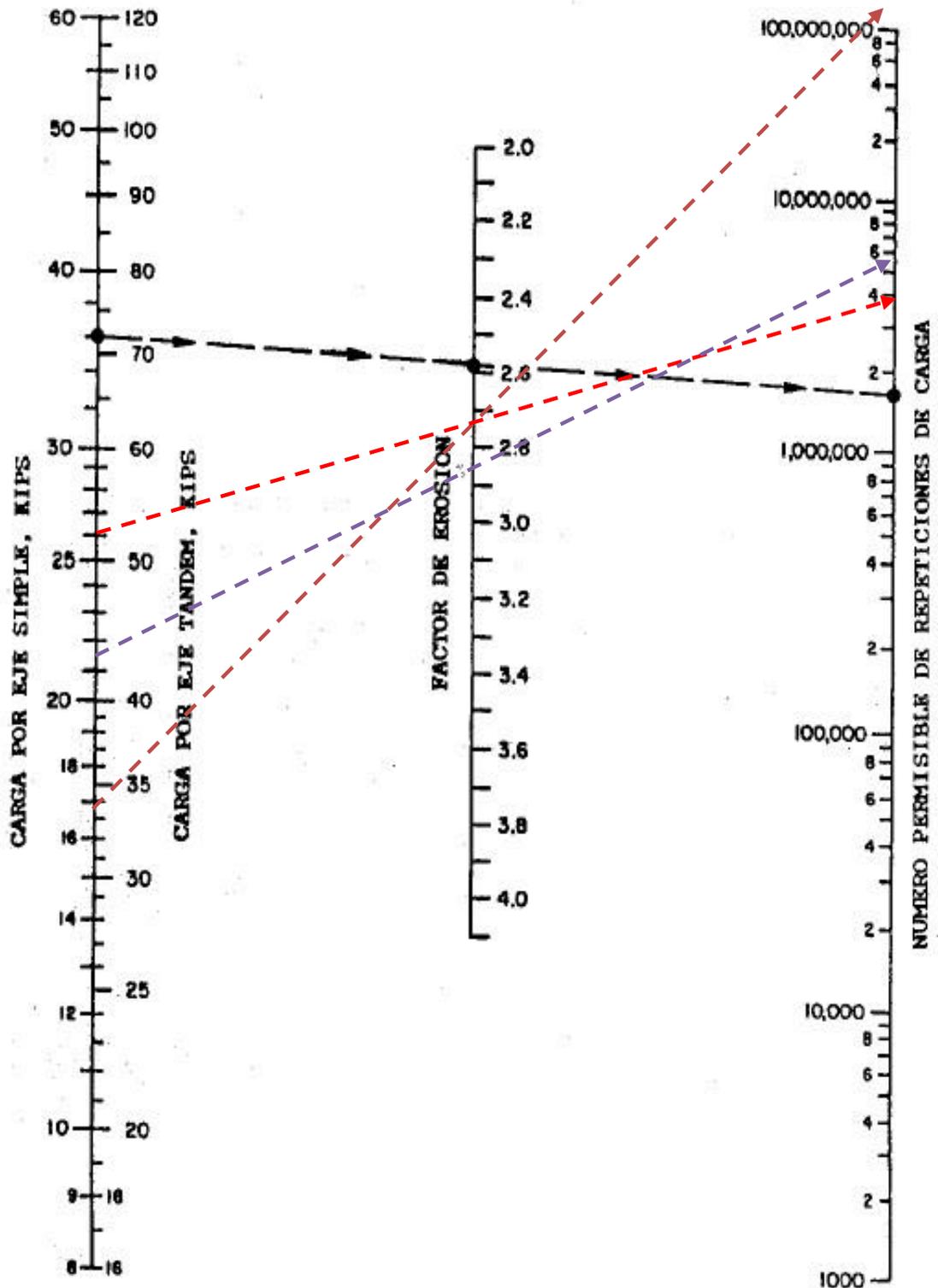
De esta manera logramos determinar nuestro espesor de pavimento rígido con la metodología del PCA 1984, es necesario comentar que, si disminuimos el espesor del pavimento, disminuiría el costo de construcción de la vía, pero a la vez, el diseño de la vía no cumpliría al realizar un análisis de cargas por fatiga.

FÍGURA 8 Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo (con y sin berma de hormigón), e=8.5 pulg.



Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO

FÍGURA 9 Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón). $e = 8.5$ pulg.



Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO 1993.

De esta manera podemos determinar la estructura del pavimento rígido, como se muestra en la siguiente figura.

FÍGURA 10 Estructura pavimento rígido PCA.

Losa de Concreto = 22.70 cm

Base Granular = 15.30 cm

Al determinar los espesores de la losa de concreto, se puede adoptar una separación de juntas transversales y longitudinales, esto a través del ancho de nuestra calzada.

La separación Juntas Longitudinales: 2.60 metros.

La separación Juntas Transversales: 3.20 metros

Etapa N°05 Análisis del presupuesto

TABLA 30 Análisis de costos de la construcción

| METODO DE DISEÑO | ESTRUCTURA DE PAVIMENTO | LONGITUD (M) | ESPESOR | ANCHO (Carril) x2 | VOLUMEN TOTAL (m3) |
|------------------|-------------------------|--------------|---------|-------------------|--------------------|
| AASHTO | LOSA DE CONCRETO | 250 | 0.191 | 5.20 | 247.65 |
| | SUB BASE GRANULAR | 250 | 0.152 | 5.20 | 197.60 |
| PCA | LOSA DE CONCRETO | 250 | 0.229 | 5.20 | 297.18 |
| | SUB BASE GRANULAR | 250 | 0.152 | 5.20 | 197.60 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 35 observamos los metrados de la sub base granular y el pavimento rígido de concreto, que constituyen la estructura del pavimento rígido, los metrados se hallaron conforme al diseño de las metodologías de AASHTO 1993 y PCA 1984. La longitud de la Avenida Héroes del Cenépa 250 metros.

TABLA 31 Presupuesto

| DESCRIPCIÓN | UNID. | CUAD. | CANTIDAD | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL |
|--------------------------------------|-------|-------|-------------|---------------|----------------|
| SUB - BASE GRANULAR E=0.15 M. | | | | | |
| Rendimiento: 1 m3 | | | | | |
| 1. Materiales | | | | | S/29.96 |
| 1.1. Material para Subbase | m3 | | 1.20 | 24.96 | 29.95 |
| Transporte interno | m3 | | 1.00 | 3.79 | 3.79 |
| Extracción de material de cantera | m3 | | 1.10 | 6.68 | 7.35 |
| Chancado de Agregados para Subbase | m3 | | 1.00 | 10.98 | 10.98 |
| Transporte de Agua para la obra | m3 | | 0.17 | 16.68 | 2.84 |
| Sub Total | | | | | 24.95 |
| 2. Mano de Obra | | | | | S/3.00 |
| Ayudante | HH | 1 | 0.03088 | 14.92 | 0.46 |
| Capataz | HH | 1 | 0.00772 | 26.56 | 0.21 |
| Chofer | HH | | 0.00772 | 22.90 | 0.18 |
| Operador equipo pesado | HH | | 0.07720 | 26.17 | 2.02 |
| Herramientas | | | | 5% | 0.14 |
| 3. Equipo y Maquinaria | | | | | S/18.07 |
| Camión Cisterna 10000 LTS | HM | | 0.0291 | 218.14 | 6.35 |
| Compactadora Manual Rodillo Liso 8HP | HM | | 0.0154 | 171.71 | 2.64 |
| Compactadora Pata de Cabra | HM | | 0.0077 | 262.84 | 2.03 |
| Moto Niveladora 120 H 125HP | HM | | 0.0154 | 457.50 | 7.05 |
| TOTAL | | | | | S/51.03 |

Fuente: Elaboración Propia

| DESCRIPCIÓN | UNI | CUAD | CANTIDAD | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL |
|--|-----|------|----------|---------------|-----------------|
| CONCRETO F'C 280 KG/CM2 LOSA | | | | | |
| Rendimiento: 25 m3 | | | | | |
| 1. Materiales | | | | | S/300.17 |
| Arena Gruesa Clasificada | m3 | | 0.50 | 48.31 | 24.16 |
| Cemento Portland (42.5 kg) | bls | | 13.00 | 17.87 | 232.31 |
| Piedra Chancada de 1/2" - 3/4" | m3 | | 0.80 | 51.61 | 41.29 |
| Gasolina 84 Octanos | gal | | 0.12 | 9.69 | 1.16 |
| Aceite Motor Gasolina SAE 30W | gal | | 0.00 | 37.40 | 0.15 |
| Grasa Múltiple EP | lb | | 0.01 | 10.38 | 0.08 |
| Agua | ml | | 0.18 | 5.68 | 1.02 |
| 2. Mano de Obra | | | | | S/107.05 |
| Capataz | HH | 1 | 0.06 | 26.23 | 1.68 |
| Operario | HH | 1 | 0.64 | 21.86 | 13.99 |
| Oficial | HH | 1 | 0.64 | 17.51 | 11.21 |
| Peon | HH | 1 | 3.84 | 15.78 | 60.60 |
| Operador Equipo | HH | | 0.64 | 22.61 | 14.47 |
| Herramientas | | | | 0.05 | 5.10 |
| 3. Equipo y Maquinaria | | | | | S/20.89 |
| Mezcladora de Concreto T. Tambor 23 HP 11-12P3 | HM | | 0.32 | 26.21 | 8.39 |
| Cortadora de Pavimento | HM | | 0.05 | 15.12 | 0.72 |
| Grupo Electrogenero 150KVA | HM | | 0.05 | 179.725 | 8.53 |
| Regla Moduladora BT 90 D | HM | | 0.05 | 26.04 | 1.24 |
| Vibrador de Hormigon 4HP, 2.40 plg | HM | | 0.32 | 6.27 | 2.01 |
| TOTAL | | | | | S/428.11 |

Fuente: Elaboración Propia

| | | |
|---------------------|---------------|--------------------|
| Ds Máx : | 1.88 | gr/cm ³ |
| 95 % Ds máx : | 1.76 | % |
| CBR (0.1") : | 13.00% | |

Diseño del Pavimento – Método PCA:

Al diseñar el pavimento por la metodología PCA, primero encontramos todos los parámetros necesarios para calcular el espesor del pavimento. El espesor del pavimento se asume hasta que los resultados de análisis por fatiga y por erosión sumen menor o igual al 100%.

K Sub rasante : 6.95 Kg/cm³ 253.09 pci

K Combinado : 7.80 Kg/cm³ 284.04 pci

Espesor de Losa propuesto: 0.228 m 9.0 pulg

Sub base (h) : 0.15 m

Factor de Seguridad por Carga: 1.1

Módulo de Ruptura Propuesto: 42 Kg/cm² 597.37 psi

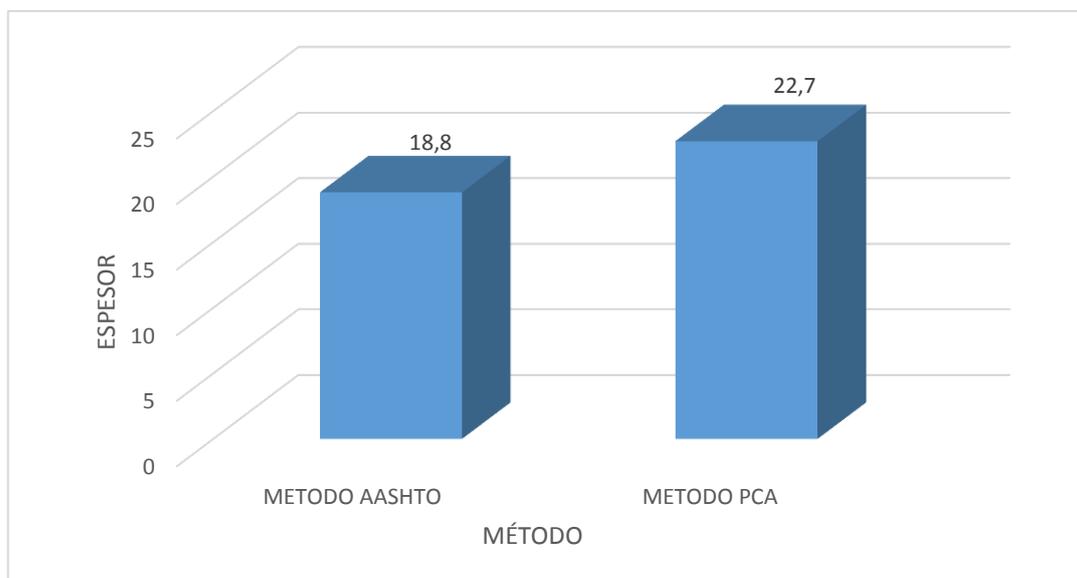
Cabe decir que primero asumimos un valor de 9 pulgadas de espesor de pavimento, y cumplieron los análisis de carga por fatiga y erosión, por lo que el espesor es correcto. Pero al querer disminuir el costo de construcción, asumimos un segundo espesor de 8.5 pulgadas, pero el análisis de cargas por fatiga no cumple ya que el porcentaje de consumo de las repeticiones de carga admisibles sobrepasan el 100 %. De esta manera adoptamos un espesor de 9 pulgadas o 23 cm.

4.2. INTERPRETACION DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra los resultados interpretados de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos de las muestras extraídas del suelo de sub rasante de la avenida Héroes del Cenépa y los resultados de los diseños del pavimento, tránsito vehicular y costos de construcción, son 03 variables.

Indicador 01 - Espesor del pavimento o losa de concreto - pavimento rígido (centímetros)

FÍGURA 11 *Espesor del pavimento de concreto según método AASHTO 1993 Y PCA 1984.*



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos para el indicador 01 espesor de la losa de concreto o pavimento, se llegó a la determinación del espesor del pavimento o losa de concreto rígido, aplicando los métodos ASSHTO 1993 y PCA 1984, se ha calculado que el espesor de la base granular a través del método AASHTO 1993 resulta con un espesor 18.80 centímetros o 07.5 pulgadas. centímetros y a través del método PCA 94 resulta que el espesor adecuado es de 22.70 centímetros o 09 pulgadas.

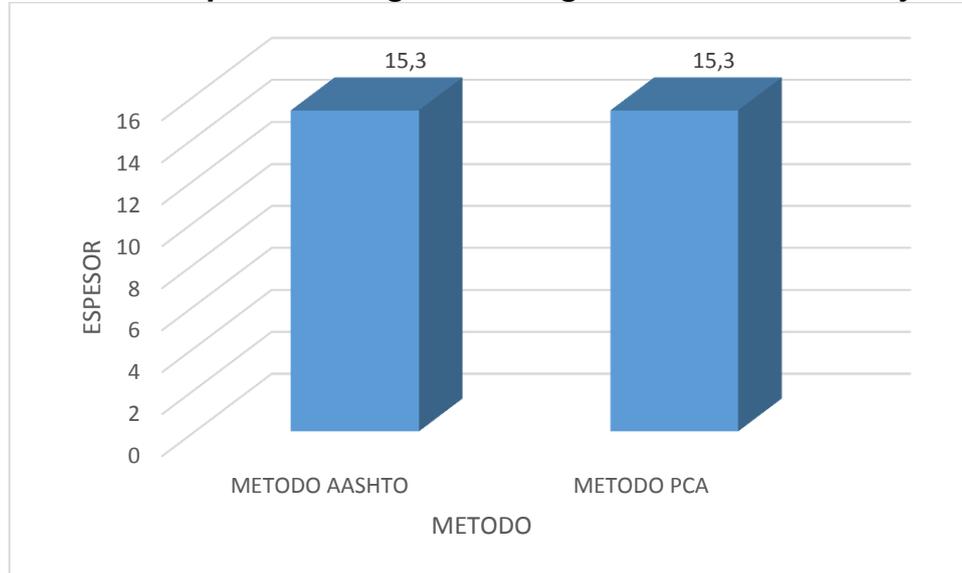
Validación de Hipótesis

Respecto a la Evaluación técnica del método AASTHO 1993 en relación al espesor de losa, mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021, **se acepta la hipótesis** planteada ya que según los resultados obtenidos en la figura N°11, según los cálculos realizados a través de la metodología AASHTO 1993 se obtiene como espesor de losa de concreto de 18.80 centímetros o 07.5 pulgadas y a través de la metodología PCA 1984 se obtiene como espesor la base granular 22.70 centímetros o 09 pulgadas, siendo el menor y optimo, el espesor calculado

a través de la metodología AASHTO 1993. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis.

Indicador 02 de la variable dependiente – Determinación del espesor - sub base granular (centímetros)

FÍGURA 12 Espesor base granular según método AASHTO y PCA



Fuente: Elaboración Propia

Según resultados obtenidos para el indicador N°02 espesor de la sub base granular, se llegó a la determinación del espesor de la losa de concreto rígido, aplicando los métodos ASSHTO 1993 y PCA 1984, se ha calculado que el espesor de la base granular a través del método AASHTO resulta que el espesor adecuado es de 15.30 centímetros o 06 pulgadas. centímetros y a través del método PCA 84 resulta que el espesor adecuado es de 15.30 centímetros o 06 pulgadas.

Validación de hipótesis.

Respecto a la Evaluación técnica del método AASTHO 1993 en relación al espesor de la sub base granular, mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021, **se acepta la hipótesis** planteada ya que según los resultados obtenidos en la figura N°12, según los cálculos realizados a través de la metodología AASHTO 1993 y a través de la metodología PCA 1984 se obtiene como espesor de losa de concreto de 15.30 centímetros o 06 pulgadas, siendo el óptimo, el espesor calculado a

través de la metodología AASHTO 1993, puesto que el estudio a través de este método es más específico. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis.

Indicador 03 - Costos de construcción: Determinamos los siguientes costos de construcción de pavimento rígido, para la metodología PCA y AASHTO.

Con los procedimientos llevados a cabo y según tabla de presupuesto 26 se obtuvo el siguiente resultado para la variable de Costo de pavimento rígido a través de la metodología AASHTO 1993 S./m²)

TABLA 32 Costo de pavimento rígido a través de la metodología AASHTO 1993 S./m²)

| DESCRIPCIÓN | UNI | PAVIMENTO RÍGIDO - MÉTODO AASHTO | | |
|---|-----|----------------------------------|--------|------------------|
| | | | | |
| Subbase Estabilizada Granulométricamente | m3 | 197.60 | 51.03 | 10083.46 |
| Pavimento de Hormigón de Cemento Portland | m3 | 247.65 | 428.11 | 106021.44 |
| TOTAL | | 116104.90 | | |

TABLA 33 Costo de pavimento rígido a través de la metodología PCA 84 S./m²)

| DESCRIPCIÓN | UNI | PAVIMENTO RÍGIDO - MÉTODO AASHTO | | |
|---|-----|----------------------------------|--------|------------------|
| | | | | |
| Subbase Estabilizada Granulométricamente | m3 | 197.60 | 51.03 | 10083.46 |
| Pavimento de Hormigón de Cemento Portland | m3 | 297.18 | 428.11 | 127225.73 |
| TOTAL | | 137309.19 | | |

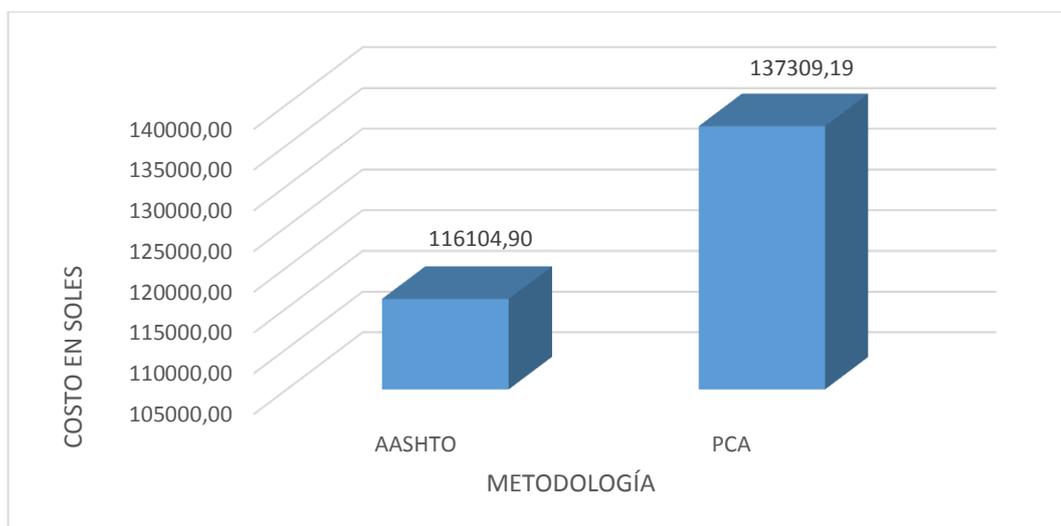
TABLA 34 Análisis comparativo de costos de diseño de pavimento a través del método AASHTO y PCA

| ESTUDIO: ANALISIS COMPARATIVO ECONÓMICO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO | | | | | | | |
|--|-----|----------------------------------|--------|------------------|-------------------------------|--------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | UNI | PAVIMENTO RÍGIDO - MÉTODO AASHTO | | | PAVIMENTO RÍGIDO - MÉTODO PCA | | |
| | | | | | | | |
| Subbase Estabilizada Granulométricamente | m3 | 197.60 | 51.03 | 10083.46 | 197.60 | 51.03 | 10083.46 |
| Pavimento de Hormigón de Cemento Portland | m3 | 247.65 | 428.11 | 106021.44 | 297.18 | 428.11 | 127225.73 |
| TOTAL | | 116104.90 | | | 137309.19 | | |

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados se tiene para indicador N°03 determinación del costo de los diseños de pavimento, aplicando los métodos ASSHTO 1993 y PCA 1984, se ha calculado que el costo de pavimentos calculado a través del método AASHTO resulta con un costo de 116,104.90 soles según tabla N°32 y el costo de pavimento aplicando el método PCA 1984 resulta con un costo de 137,309.19 soles según tabla N°33, existiendo una diferencia de - S/. 21,204.29, equivalente en -16.26 % frente a los cálculos realizados a través de la metodología PCA 1984.

FIGURA 13 Costo según metodología



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 32 y el gráfico 13, podemos analizar a detalle una diferencia en costos de construcción, con la metodología AASHTO 1993, tendríamos un costo de S/ 116,104.90 y calculado con la metodología PCA 1984, obtendría a un costo de S/ 137,680.90, haciendo una diferencia de S/21,204.29 en costos entre pavimentos a través del método AASHTO 1993 respecto al PCA 1984.

Validación de hipótesis.

Finalmente, respecto a la hipótesis: La evaluación económica del método AASTHO 1993 en relación al COSTO mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. se acepta la hipótesis ya que según los resultados obtenidos en la Tabla N°32, según los cálculos realizados a través de la metodología AASHTO 1993 se obtiene como

costo total de 116,104.90 soles y a través de la metodología PCA 1984 se obtiene como costo total de 137,309.19 soles, siendo el menor costo calculado a través de la metodología AASHTO 1993 Por lo tanto, aceptamos la hipótesis.

V. DISCUSIÓN

Indicador 01 de la variable dependiente - Espesor del pavimento rígido (centímetros), en la figura 12 observamos que las medidas del espesor del pavimento rígido de concreto que constituyen la estructura del pavimento rígido según los cálculos se hallaron conforme al diseño de las metodologías de AASHTO 1993 calcula que el espesor de la losa de concreto deberá ser de 15.30 centímetros, y conforme al diseño de la metodología PCA 1984 el espesor de la losa de concreto debería ser 22.70 centímetros, Según los estudios de (Carcausto, 2013), arribo a la conclusión de que a través de metodologías de AASHTO 1993 los espesores a través de la metodología de AASHTO debe ser de 0.20 metros, y la sub base granular debería ser de un espesor de 0.20 metros. Según ambas investigaciones coinciden en los resultados.

Indicador 02 de la variable dependiente - Espesor de la sub base (centímetros), según lo analizado, en la figura 11 observamos los resultados respecto a las medidas de los espesores de la sub base que constituyen la estructura del pavimento rígido según los cálculos se hallaron conforme al diseño de las metodologías de AASHTO 1993 es de 15.30 centímetros y PCA 1984 es de 15.30 centímetros en la sub base, Según (Briceño, y otros, 2019), llegaron a la conclusión de que a través de la metodología de AASHTO 1993 que el espesor adecuado es de 17 centímetros. Según ambas investigaciones coinciden en los resultados.

Indicador 03 de la variable dependiente - Costo de directo S/., según se consideró los espesores calculados a través de la metodología AASHTO 1993, se obtuvo el costo de S/ 116,104.90 y según los espesores calculados a través de la metodología PCA 1984, se obtuvo un costo de S/ 137,309.19, haciendo una diferencia de S/26,204.29 en costos de los pavimentos de la metodología AASHTO 1993 respecto al PCA 1984, por otro lado la investigación de (Briceño, y otros, 2019), en el cual obtuvieron resultados a través del cálculo por el método AASHTO 1993, en costo de S/. 682,941.94 y a través del cálculo por el método PCA 1984, se obtuvo un costo de S/. 777,519.26, haciendo una diferencia de S/. 94,577.32. En el cual los resultados coinciden puesto que a través del método PCA 1984 resulta más costoso que el método AASHTO 1993. Por lo tanto, ambas investigaciones coinciden con los resultados obtenidos.

VI. CONCLUSIONES

En la investigación se evaluó técnicamente y económicamente a través de los métodos AASHTO 1993 y PCA, el diseño de un pavimento rígido. Observándose que a través del método AASHTO el diseño es 18.80 de cm y calculado a través del método PCA es de 22.70 cm, y al calcular los costos se pudo deducir que el método AASHTO es menor en S/21,204.29, que representa un - % a diferencia del costo calculado a través del método del PCA. Como se muestra en la **tabla 11, tabla 11 y tabla 11, n en el que indica que el método AASHTO es el adecuado técnicamente y más óptimo económicamente.**

1. Al calcular y evaluar aplicando el método AASHTO 1993, el diseño del pavimento rígido Indicador 01 de la VD, se determinó según la evaluación técnica entre los métodos AASHTO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de la losa de concreto, en el diseño de pavimento en la avenida Héroes del Cenépa, concluye que aplicando la metodología AASHTO 1993, se obtuvo un espesor de la losa de concreto de 18.80, centímetros según figura y así mismo a través de la metodología PCA 1984 se obtuvo un espesor de la losa de concreto de 22.70 centímetros, según **tabla 34 y figura 11**. Esto indica que resulta mejor opción al requerir menor material al optar por la metodología AASHTO 1993, pues resulta más óptima según las condiciones.
2. Indicador 02 de la VD, se determinó según la evaluación técnica entre los métodos AASHTO 1993 y PCA 1984 en relación a los espesores determinados para la Sub base granular en el diseño de pavimento en la avenida Héroes del Cenépa, concluye que aplicando la metodología AASHTO 1993, se estimó un espesor de sub - base granular de 15.30 centímetros según figura y así mismo a través de la metodología PCA 1984 se obtuvo un espesor de sub base granular en 15.30 centímetros según **figura 12**. Esto indica, según las condiciones, en ambas metodologías se obtuvieron resultados iguales, el cual resultaría indistintamente el mejor.
3. Se determinó según la evaluación económica aplicando el método AASHTO 1993 y al método PCA 1984, en relación al costo en el diseño de pavimento la avenida Héroes del Cenépa, concluye que aplicando la metodología AASHTO 1993 se obtuvo un costo de 116,104.09 soles según

tabla 32 y así mismo a través de la metodología PCA 1984 se obtuvo un costo de 137,309.19 soles, según **tabla 33**. Esto indica que resulta más económico en - S/21,204.29, en – 18.26 % y por ello optar por la metodología AASHTO 1993, pues resulta más óptima según las condiciones, según **tabla 35**.

VII. RECOMENDACIONES

Según el estudio realizado al determinar la evaluación técnica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de losa en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, se recomienda aplicar el método AASTHO 1993 por ser el más óptimo técnicamente, puesto que calculo un espesor de 18.80 centímetros de losa de concreto según figura 11, por lo que resulta ser más eficiente respecto a la metodología del PCA 1984, en lo que refiere el espesor de losa.

La evaluación técnica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al espesor de la Sub base granular en el diseño de pavimentos la avenida Héroes del Cenépa, se recomienda aplicar el método AASTHO 1993 en el cual el cálculo en espesor de la base granular es 15.30 centímetros, según figura 12, por ser el más óptimo para el cálculo de la sub base granular y por razón que para el cálculo es que tiene mucho más indicadores que asegura resultados más exactos.

Según el estudio realizado al determinar la evaluación técnica entre los métodos AASTHO 1993 y PCA 1984 en relación al costo en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, se recomienda aplicar el método AASTHO 1993 por ser el más óptimo técnicamente y económicamente, puesto que calculo un costo de 116,104.90 soles, según tabla 34 y figura 13, por lo que resulta ser más eficiente respecto a la metodología de la PCA 1984, en lo que refiere el espesor de losa, puesto que es menor en 21,204.29 soles.

Se recomienda tomar en consideración que en los estudios de determinación de diseños se tome en cuenta al método ASSHTO 1993 porque es el método que mejor optimiza los recursos y a que los estudios son más específicos y no a nivel general como lo determina el método del PCA 1984. También se recomienda tomar en cuenta el presente estudio para llevar a cabo en un futuro la presente investigación ya que constituye un cálculo importante para determinar la parte esencial de un proyecto y finalmente se recomienda complementar el presente estudio a nivel de expediente técnico, para presentarlo al programa TRABAJA PERÚ a través de la complementación del presente estudio para que pueda acreditarse de presupuesto para su futura ejecución.

REFERENCIAS

1. **AASHTO. 1993.** *Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento.* 1993.
2. **AASHTO. 1993.** *Guide for Design of Pavement Structures.*American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington : s.n., 1993.
3. **American Concrete Institute, ACI. 2015.** *Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP).* 2015.
4. **Briceño, Carla y Tello, Pool. 2019.** *Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre pavimento rígido , flexible y adoquinado utilizando el método ashto 93, para la avenida Miguel Grau, tres de octubre y nuevo chimbote.* Trujillo : s.n., 2019.
5. **Burga, Marrufo y Chavez, Oscar. 2015.** *Diseño de pavimento urbano en la urbanización Santa en María José Leonardo Ortiz- Chiclayo: . Chiclayo : Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2015.*
6. **Calo, Diego. 2016.** *Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos. . Jujuy : s.n., 2016.*
7. **Campo, Noe. 2018.** *Evaluación técnica económica entre el pavimento rígido para mejorar la transitabilidad en el tramo de la carretera UNGUYMARAN-LAS PAMPAS-TOMAYQUICHUA-AMBO. HUANUCO : s.n., 2018.*
8. **Carcausto, Nicanor. 2013.** *Estudio y Diseño del Pavimento Rígido Urbano Jr. Andahuaylas y Vías adyacentes de la Ciudad de Ilave, Universidad Nacional del Altiplano Puno. 2013.*
9. **Carrasco, S. 2017.** *Metodología de la investigación.* Lima : s.n., 2017.
10. **Carrasquillo, P. 1994.** *Concrete Strength Testing, Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials.* Washington : s.n., 1994.

11. **Comunicaciones. Ministerio de Transportes y. 2018.** *Manual de carreteras especificaciones tecnicas generales para la construccion.* Lima : s.n., 2018.
12. **Cruz, Uceda. 2016.** *Estudio comparativo técnico - económico, entre diseño de pavimento flexible y rígido usando el método AASHTO, para las vías del sector VI A del Centro Poblado de El Milagro - Trujillo - La libertad.* Trujillo : s.n., 2016.
13. **Domelly, Jakqui. 2015.** *Paving the conservation of Hiatoric Ground Surfaces.* Irlanda : s.n., 2015.
14. **Duravia, N. 1993.** *Metodología de Diseño PCA 84 Y AASTHO 1993.*
15. **Galdamez, Nestor. 2019.** *Análisis Comparativo entre métodos de Diseño.* El Salvador : s.n., 2019.
16. **Hass, Ralph y Hudson, Ronal. 2016.** *Pricniples of pavement desing (. 2016. ISBN : 978-1-119-03870-.*
17. **HERNÁN, ROBLES ROBLES RAMIRO. 2018.** *Diseño de un pavimento rígido para el segmento vial de la carrera 2 este entre la calle 41 b sur y calle 42 a sur del barrio. facultad de ingeniería, universidad militar nueva granada. bogota : s.n., 2018.*
18. **Hernandez, S. 2012.** *Metodologia de invesgacion, estudios de confiabilidad.* 2012.
19. **Hernandez, Sampieri, Fernandez, R. y Baptista, Lucio. 2016.** *Metodologia de la Investigacion.* 2016.
20. **Huang, Y. 2014.** *Pavement Analysis and Desing. s.l. : Sadler River, 2014.*
21. **ICG, Instituto de la construccion y gerencia. 2017.** *Ingenierla de Pavimentos: Materiales, diseño y conservación.* Lima : ICG, 2017.
22. **ICG, Instituto de la construccion y gerencias. 2016.** *Manual de construcciones.* Lima : IICG, 2016.

23. **Jimenes, Madeleyne y Valverde, Magna. 2018.** *Diseños Comparativos entre Pavimentos Flexible y rígido.* Lima : UCV, 2018.
24. **Londoño, C. 2005.** *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto.* Bogota : s.n., 2005.
25. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 20210.** *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : s.n., 20210.
26. **Montejo, A. 2011.** *Ingeniería de Pavimentos, Fundamentos, estudios basicos y diseño.* Bogota : Universidad Catolica de Colombia, 2011.
27. **Mora, Andres y Arguelles, Camilo. 2017.** *Diseño y construcción de pavimento rígido para la urbanización Caballero y Góngora, Bogota.* Bogota : Universidad , 2017.
28. **MTC, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2018.** *Manual de carreteras, especificaciones tecnicas generales para la construccion.* Lima : s.n., 2018.
29. **MVCS, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2018.** *Norma C.E.010 de pavimento urbanos.* Lima : Grafica Apolo, 2018.
30. **MVCS, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2016.** *Reglamento nacional de edificaciones.* Lima : Gestion de la ingenieria, 2016.
31. **Rajib, Mallick y Tahar. 2019.** *Pavement engineering.* New York : CRS, 2019.
32. **Risk, Ernest. 2016.** *Engineering and research office.* Canada : s.n., 2016.
33. **Rojas, David. 2013.** *Compendio de Geologia.* Lima : s.n., 2013.
34. **Rojas, Smith. 2019.** *Análisis comparativo técnico, económico para determinar propuesta de pavimentación: flexible, articulado y rígido del asentamiento humano maría augusta oliva Pimentel.* Chiclayo : UCV, 2019.
35. **Rondon, H. y Reyes, F. 2014.** *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño.* Bogota : ECOE Ediciones, 2014.

36. **Sanchez, Hugo y Reyes, Yuri. 2015.** *Metodología y diseño de la investigación científica.* 2015.
37. **SENCICO. 2016.** *Reglamento Nacional de edificaciones, Norma técnica - pavimentos urbanos.* Lima : El Peruano, 2016.
38. **Thenoux, Guillermo. 2012.** *Guía de Diseño Estructural de Pavimentos.* 2012.
39. **Torres, Ramon. 2016.** *Comparación de las metodologías AASHTO y PCA para el diseño de pavimento rígido.* Cartagena : s.n., 2016.
40. **UWDCEE, Environmental University of Washington's departamen of civil and Engineering. 2009.** *Pavement evaluation.* Washington : s.n., 2009.
41. **Vivar, German. 1995.** *Diseño y Construcción de Pavimentos.* LIMA : s.n., 1995.
42. **Yang, H. 2002.** *PavimentAnalysys and design.* Kentucky : University of Kentucky, 2002.

ANEXOS

ANEXO N° 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: evaluación técnica y económica de los métodos AASTHO y PCA en el diseño de pavimento en la avenida héroes del Cenépa, llave, 2021.

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSION | INDICADORES |
|--|---|--|---|-----------------------------|---|
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | | | |
| ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? | Determinar en qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | La Evaluación técnica económica con el método AASTHO 93 mejora el diseño de pavimento en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | VARIABLE INDEPENDIENTE MÉTODOS AASTHO Y PCA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO | MÉTODO AASTHO | <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de la sub rasante K (Mpa/m) - Cargas de tránsito (Tonelada) - Periodo de diseño (Años) - Transferencia de Carga (J) - Serviciabilidad (P) - Coeficiente de drenaje (Cd) - Confiabilidad (R) - Factor de Seguridad (Fs) |
| | | | | MÉTODO PCA | <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de la sub rasante (K) - Cargas de tránsito (Tonelada) - Periodo de diseño (Años) - Factor de Seguridad (Fs) |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICAS | - | | |
| a) ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación a la al espesor de la Sub base granular mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? | a) Determinar en qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación al espesor de la Sub base granular en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | a) La Evaluación técnica y económica con el método AASTHO 93 en relación al espesor de la Sub base granular mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | VARIABLE DEPENDIENTE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA del diseño del pavimento. | Evaluación Técnica | - Espesor de la sub base granular (centímetros) |
| b) ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación al espesor de losa mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? | b) Determinar la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación al espesor de losa en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | b) La Evaluación técnica y económica del método AASTHO 93 en relación al espesor de losa mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | | | - Espesor de la losa de concreto (centímetros) |
| c) ¿En qué medida la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación al costo mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021? | c) Determinar la Evaluación técnica y económica entre los métodos AASTHO 93 y PCA en relación al costo en el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | c) La Evaluación técnica y económica del método AASTHO 93 en relación al COSTO mejora el diseño de pavimentos en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. | | Evaluación Económica | <ul style="list-style-type: none"> - Costo de pavimento rígido a través de la metodología AASTHO 1993 S_u/m² - Costo de pavimento rígido a través de la metodología PCA 84 S_u/m² |

ANEXO N° 02 OPERALIZACION DE VARIABLES

| Variables | Definición conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Med. |
|--|--|--|-----------------------------|--|-------|
| V.I. Método AASHTO y PCA en el Diseño de Pavimentos | Según, (HERNÁN, 2018), el diseño del pavimento rígido a ras de la metodología AASHTO 1993 implica factores que proyectan el comportamiento confiable de la estructura del pavimento para evitar el daño de la losa o pavimento llegue a colapsar en el horizonte de vida útil. Según (Fonseca Montejó, 2006). El método de la PCA, tiene por propósito en encontrar el espesor mínimo y óptimo de losa o pavimento de concreto, el mismo que generara un costo anual y de mantenimiento. (Hernández y otros 2016) considera, en la evaluación de la estructura considera el análisis de las capas del pavimento cual estado se encuentra deficiente y que no cumple la capacidad de resistir cargas altas y es necesario realizar mantenimientos constantes o rehabilitaciones, en función del estado. | Se realizará estudios básicos, (CBR, ETC...). Diseño mediante AASHTO, Diseño mediante PCA, El diseño de pavimento, en cuanto al espesor deberá responder a la demanda actual de tráfico de la zona a intervenir. Puesto que La información de tránsito vehicular incluye volumen de tránsito anual, mensual, diario y horas según (Molina y otros, 2015). Según Fernández,(1998), para la evaluación del espesor eficiente y necesario del pavimento rígido se tienen dos métodos que es el AASHTO y PCA, el mismo te conlleva a obtener indicadores que determinan el espesor necesario y óptimo. | AASHTO | Resistencia de la sub rasante K (Mpa/m) | Razón |
| | | | | Cargas de tránsito (Tonelada) | Razón |
| | | | | Periodo de diseño (Años) | Razón |
| | | | | Transferencia de Carga (J) | Razón |
| | | | | Serviciabilidad (P) | Razón |
| | | | | Coefficiente de drenaje (Cd) | Razón |
| | | | | Confiabilidad (R) | Razón |
| | | | | Factor de Seguridad (Fs) | Razón |
| | | | PCA | Resistencia de la sub rasante K (Mpa/m) | Razón |
| | | | | Cargas de tránsito (Tonelada) | Razón |
| Periodo de diseño (Años) | Razón | | | | |
| Módulo de Elasticidad del Concreto (E) | Razón | | | | |
| Factor de Seguridad (Fs) | Razón | | | | |
| V.D. Evaluación Técnica y Económica | Según (Rojas, 2019), La evaluación técnica estará en función a los resultados de los métodos AASHTO Y PCA, el mismo que calculará el espesor óptimo y técnicamente viable. Y la evaluación económica se sujetara al costo óptimo que demanden y se analicen entre los métodos AASHTO 1993 y PCA 84. | Al efectuar con el método AASHTO Y PCA, de comparar el espesor del pavimento, Para determinar la comparación técnica y el análisis de costos unitarios. La evaluación técnica y económica, estará en función a los resultados con la aplicación de cada uno de los métodos AASHTO 1993 y PCA 84, tomándose el que sea técnicamente viable y económicamente sostenible. | Evaluación Técnica | Espesor de losa de concreto | Razón |
| | | | | Espesor de la sub base granular (centímetros) | Razón |
| | | | | Espesor del pavimento rígido (centímetros) | Razón |
| | | | Evaluación Económica | Costo de pavimento rígido a través de la metodología AASHTO 1993 S/./m2) | Razón |
| | | | | Costo de pavimento rígido a través de la metodología PCA 84 S/./m2) | Razón |

ANEXO N° 03 PANEL FOTOGRÁFICO

| | |
|--|--|
| <p>A. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.</p> |  A photograph showing a topographic surveying station set up on a tripod in a dusty urban street. A person is standing next to the tripod, and another person is visible in the background. Buildings and utility poles are visible in the distance under a clear sky. |
| <p>B. MUESTREO Y EXPLORACIÓN DE SUELOS.</p> |  A close-up photograph of a rectangular pit dug into the ground, showing reddish-brown soil. A metal tool or container is visible at the bottom of the pit. |
| <p>C. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN CALICATA C-1 EN LA AVENIDA HEROES DEL CENÉPA.</p> |  A photograph of a soil sampling pit, similar to the one in row B, showing reddish-brown soil. A small piece of paper or marker is visible on the ground near the pit. |
| <p>D. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN CALICATA C-2 EN LA AVENIDA HÉROES DEL CENÉPA.</p> |  A photograph of a soil sampling pit, similar to the others, showing reddish-brown soil. The pit is marked with yellow caution tape. In the background, there are green metal doors or gates. |

E. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN CALICATA C-3 EN LA AVENIDA HÉROES DEL CENÉPA.



F. ENSAYOS DE LABORATORIO - GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA.



G. MUESTRA DE CALICATA LIMITES DE CONSISTENCIA.



H. ENSAYO DE CBR.



ANEXO N° 04 UBICACIÓN

| | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Región | : Puno |
| Provincia | : El Collao |
| Distrito | : Ilave |
| Lugar | : Avenida Héroes del Cenepa |
| Población | : Censo. 2017 (habitantes) 63,878 |
| Superficie (km²)= | : 5.600 |



Fuente: Google Maps.

ANEXO N° 05 ENSAYOS DE LABORATORIO



INGENIEROS LAQUE ASOCIADOS S. CIVIL de R.L.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS
RUC 20447780250
JR. TACNA N° 795 - PUNO / CEL 947020222 RPM : #947020222

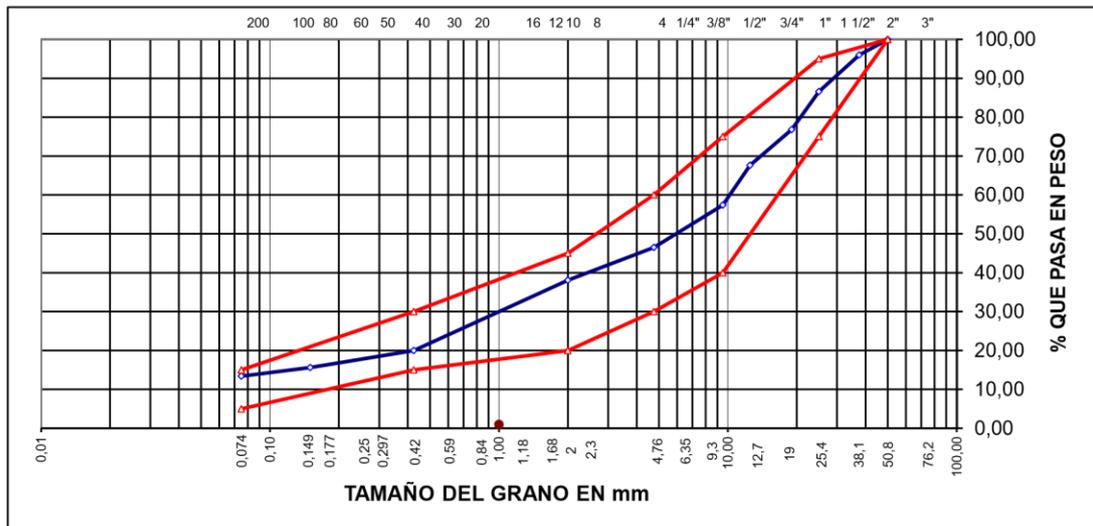


| | |
|-----------|--|
| PROYECTO | EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DE LOS METODOS AASTHO Y PCA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA HEROES DEL CENEPÁ, ILAVE 2021. |
| CALICATA | ENSAYO DE LABORATORIO |
| MUESTRA | MUESTRA DEL TERRENO DE FUNDACION |
| UBICACIÓN | AVENIDA. HEROES DEL CENEPÁ |
| FECHA | miércoles, 10 de febrero de 2021 |

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

| Tamices ASTM | Abertura mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|--------------------|----------------------|------------|------------------|-----------------------------|
| 3" | 75,000 | | | | | B | Peso inicial : 3.060,00 Grs |
| 2 1/2" | 63,000 | | | | | | Peso fracción : Grs |
| 2" | 50,000 | | | | 100,00 | 100 - 100 | Grava : 53,50 % |
| 1 1/2" | 37,500 | 122,00 | 4,00 | 4,00 | 96,00 | | Arena : 33,10 % |
| 1" | 25,000 | 288,00 | 9,40 | 13,40 | 86,60 | 75 - 95 | Fino : 13,40 % |
| 3/4" | 19,000 | 300,00 | 9,80 | 23,20 | 76,80 | | W natural : 8,00 % |
| 1/2" | 12,500 | 280,00 | 9,20 | 32,40 | 67,60 | | |
| 3/8" | 9,500 | 312,00 | 10,20 | 42,60 | 57,40 | 40 - 75 | LIMITES DE CONSISTENCIA |
| No.04 | 4,750 | 333,00 | 10,90 | 53,50 | 46,50 | 30 - 60 | L.L. : 19,70 % |
| No.10 | 2,000 | 258,00 | 8,40 | 61,90 | 38,10 | 20 - 45 | L.P. : 18,71 % |
| No.40 | 0,425 | 555,00 | 18,10 | 80,00 | 20,00 | 15 - 30 | I.P. : 0,99 % |
| No.100 | 0,150 | 135,00 | 4,40 | 84,40 | 15,60 | | CLASIFICACION |
| No.200 | 0,075 | 66,00 | 2,20 | 86,60 | 13,40 | 5 - 15 | SUCS : GP-GM |
| <No.200 | | 411,00 | 13,40 | 100,00 | | | AASHTO : A-1-b(0) |

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





INGENIEROS LAQUE ASOCIADOS S. CIVIL de R.L.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS



RUC 20447780250
JR. TACNA N° 795 - PUNO / CEL 947020222 RPM : #947020222

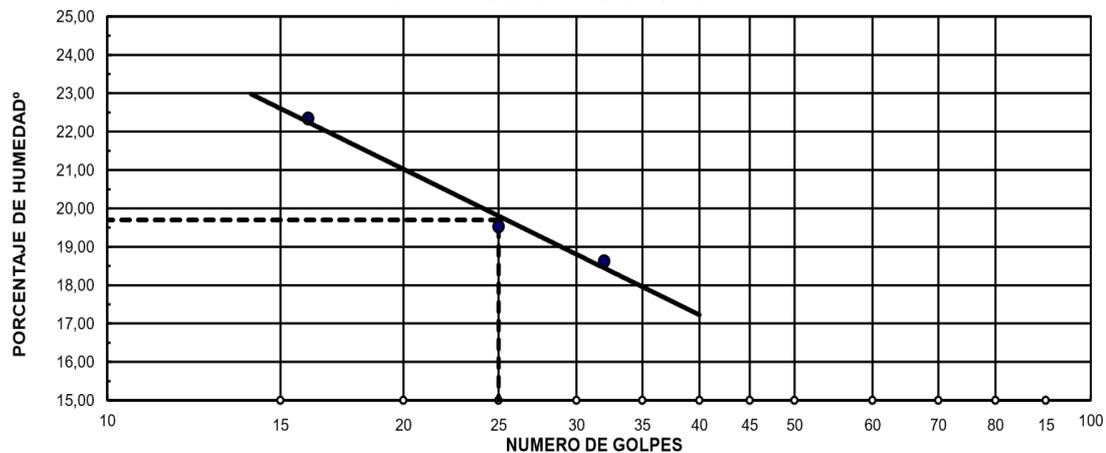
PROYECTO : EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DE LOS METODOS AASTHO Y PCA EN EL DISEÑO
: DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA HEROES DEL CENEPA, ILAVE 2021.
CALICATA : ENSAYO DE LABORATORIO
MUESTRA : MUESTRA DEL TERRENO DE FUNDACION
UBICACIÓN : AVENIDA. HEROES DEL CENEPA
FECHA : miércoles, 10 de febrero de 2021

LIMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D-424)

| DESCRIPCION | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|--------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 32 | 25 | 16 | 6T | 3T | |
| 01. No.DE GOLPES | 32 | 25 | 16 | | | |
| 02. TARRO No. | 1 | 3 | 9 | 6T | 3T | |
| 03. SUELO HUMEDO * TARRO | g | 32,95 | 34,44 | 35,95 | 8,70 | 9,41 |
| 04. SUELO SECO * TARRO | g | 30,00 | 31,10 | 32,10 | 8,00 | 8,60 |
| 05. PESO DEL AGUA | g | 2,95 | 3,34 | 3,85 | 0,70 | 0,81 |
| 06. PESO DEL TARRO | g | 14,16 | 14,00 | 14,87 | 4,26 | 4,27 |
| 07. PESO DEL SUELO SECO | g | 15,84 | 17,10 | 17,23 | 3,74 | 4,33 |
| 08. HUMEDAD | % | 18,62 | 19,53 | 22,34 | 18,72 | 18,71 |

| | | | | | |
|-------|---------|-------|---------|-------|--------|
| L.L.= | 19,70 % | L.P.= | 18,71 % | I.P.= | 0,99 % |
|-------|---------|-------|---------|-------|--------|

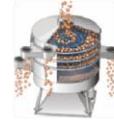
GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO





INGENIEROS LAQUE ASOCIADOS S. CIVIL de R.L.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

JR. TACNA N° 795 - PUNO / CEL 947020222 RPM : #947020222

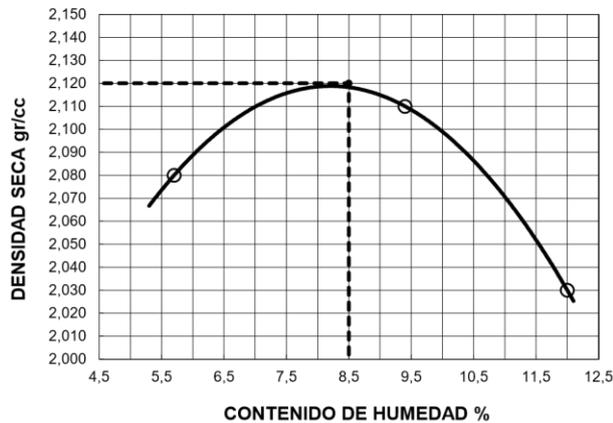


PROYECTO : EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DE LOS METODOS AASTHO Y PCA EN EL DISEÑO
: DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA HEROES DEL CENEPA, ILAVE 2021.
CALICATA : ENSAYO DE LABORATORIO
MUESTRA : MUESTRA DEL TERRENO DE FUNDACION
UBICACIÓN : AVENIDA. HEROES DEL CENEPA
FECHA : miércoles, 10 de febrero de 2021

PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557)

| ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 | | |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--|--|
| DETERMINACION DE DENSIDAD | | | | | |
| PESO MOLDE+SUELO | 10.650 | 10.888 | 10.800 | | |
| PESO MOLDE | 6.025 | 6.025 | 6.025 | | |
| PESO SUELO COMPACTADO | 4.625 | 4.863 | 4.775 | | |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2.105 | 2.105 | 2.105 | | |
| DENSIDAD HUMEDA | 2.20 | 2.31 | 2.27 | | |
| DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | 1 | 2 | 3 | | |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | 222,00 | 303,00 | 280,00 | | |
| SUELO SECO + RECIPIENTE | 210,00 | 277,00 | 250,00 | | |
| PESO RECIPIENTE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| PESO DE AGUA | 12,00 | 26,00 | 30,00 | | |
| PESO DE SUELO SECO | 210,00 | 277,00 | 250,00 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 5,70 | 9,40 | 12,00 | | |
| DENSIDAD SECA | 2,08 | 2,11 | 2,03 | | |

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca
2,120 gr/cm³

Conten. humedad óptima
8,50 %



PROYECTO : EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DE LOS METODOS AASTHO Y PCA EN EL DISEÑO

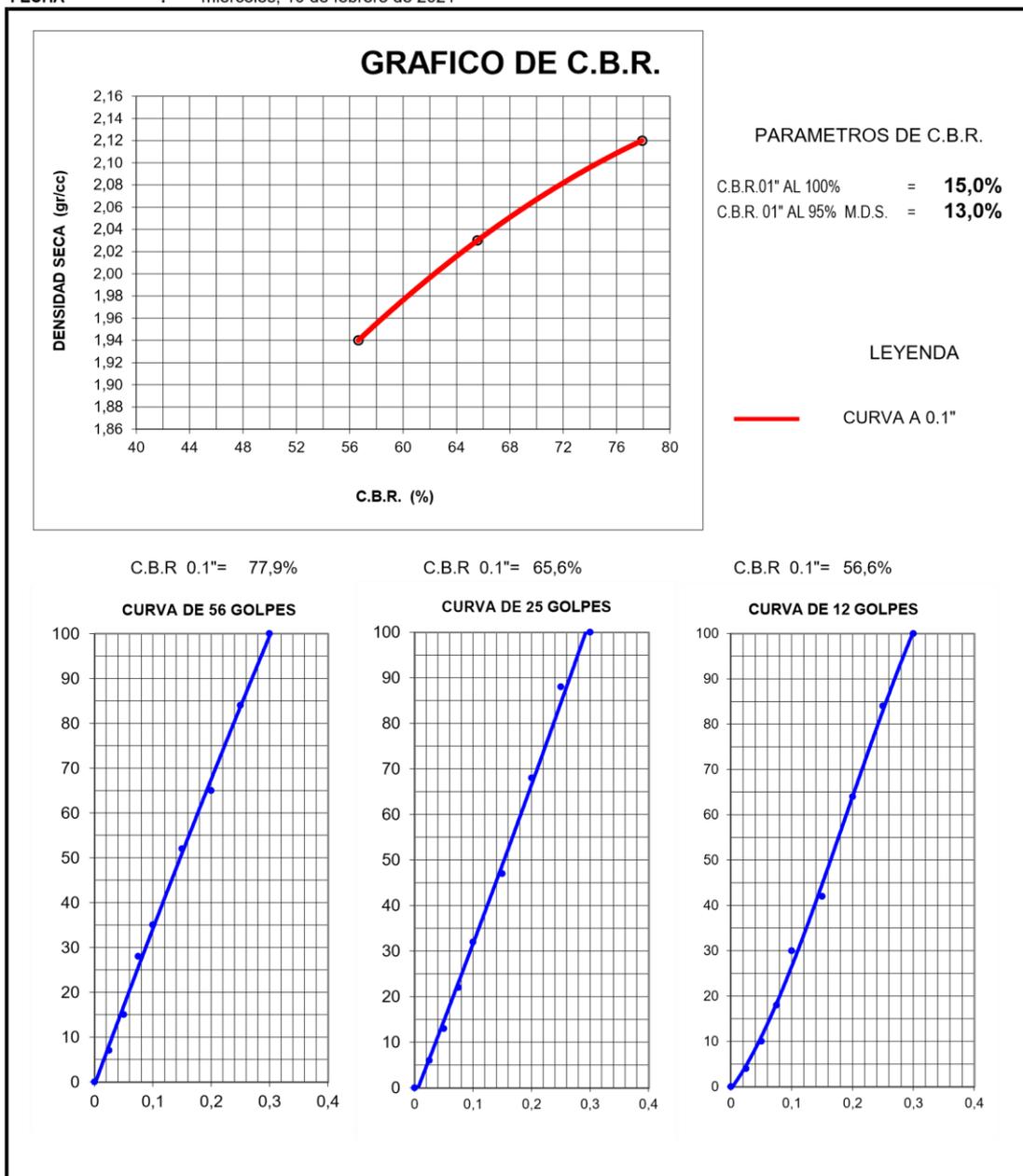
: DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA HEROES DEL CENEPA, ILAVE 2021.

CALICATA : ENSAYO DE LABORATORIO

MUESTRA : MUESTRA DEL TERRENO DE FUNDACION

UBICACIÓN : AVENIDA. HEROES DEL CENEPA

FECHA : miércoles, 10 de febrero de 2021



ANEXO N° 06 FICHA DE VALIDACION POR UN EXPERTO



CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS.

Experto 1.

Certificado de validez del contenido del instrumento que mide: La evaluación técnica y económica de la metodología AASTHO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la avenida héroes del Cenépa llave 2021.

1) DATOS GENERALES

1.1.- Apellidos y nombres : Vargas Condori Saúl. - Ing. Civil – CIP 10870
 1.2.- Autor del instrumento : Wilson Jorge Ticona Chino.

2) ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| N° | CRITERIOS | INDICADORES | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | | | ACEPTABLE | | | | | |
|----|-----------------|---|-----------------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|----|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | Claridad | Esta formulada con lenguaje comprensible | | | | | | | | | X | | |
| 2 | Objetividad | Esta adecuado a las leyes y principios científicos | | | | | | | | | | | X |
| 3 | Actualidad | Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación | | | | | | | | | | | X |
| 4 | Organización | Existe una organización lógica | | | | | | | | | X | | |
| 5 | Suficiencia | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | X |
| 6 | Intencionalidad | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis | | | | | | | | | | | X |
| 7 | Consistencia | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos | | | | | | | | | X | | |
| 8 | Coherencia | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | X |
| 9 | Metodología | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis | | | | | | | | | | | X |
| 10 | Pertinencia | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su inferencial método científico | | | | | | | | | | | X |

3) OPINIÓN DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos. (X) SI CUMPLE

4) PROMEDIO DE VALORACIÓN.

Fecha: 15-02-21


 Saúl Vargas Condori
 INGENIERO CIVIL
 CIP 10870

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS.

Experto 2.

Certificado de validez del contenido del instrumento que mide: La evaluación técnica y económica de la metodología AASTHO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la avenida héroes del Cenépa llave 2021.

1) DATOS GENERALES

1.1.- Apellidos y nombres : Vargas Condori Saúl. - Ing. Civil – CIP 10870

1.2.- Autor del instrumento : Wilson Jorge Ticona Chino.

2) ASPECTOS DE VALIDACION

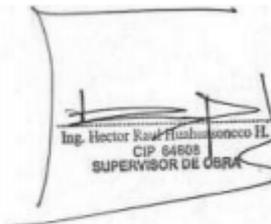
| N° | CRITERIOS | INDICADORES | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | | | ACEPTABLE | | | | | |
|----|-----------------|---|-----------------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|----|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | Claridad | Esta formulada con lenguaje comprensible | | | | | | | | | | X | |
| 2 | Objetividad | Esta adecuado a las leyes y principios científicos | | | | | | | | | | | X |
| 3 | Actualidad | Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación | | | | | | | | | | | X |
| 4 | Organización | Existe una organización lógica | | | | | | | | | | | X |
| 5 | Suficiencia | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | X | |
| 6 | Intencionalidad | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis | | | | | | | | | | | X |
| 7 | Consistencia | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos | | | | | | | | | | X | |
| 8 | Coherencia | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores | | | | | | | | | | X | |
| 9 | Metodología | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis | | | | | | | | | | | X |
| 10 | Pertinencia | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico | | | | | | | | | | | X |

3) Opinión de aplicabilidad

✓ El instrumento cumple con los requisitos. (X) SI CUMPLE

4) Promedio de Valoración.

Fecha: 15-02-21



Ing. Hector Ruiz Huasancoco H.
CIP 84808
SUPERVISOR DE OBRA

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS.

Experto 3.

Certificado de validez del contenido del instrumento que mide: La evaluación técnica y económica de la metodología AASTHO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la avenida héroes del Cenépa llave 2021.

1) DATOS GENERALES

- 1.1.- Apellidos y nombres : Monge Huamani, Jesus Armando. - Ing. Civil
 – CIP. 50188
- 1.2.- Autor del instrumento : Ticona Chino Wilson Jorge.

2) ASPECTOS DE VALIDACION

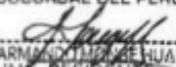
| N° | CRITERIOS | INDICADORES | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | | | ACEPTABLE | | | | | | |
|----|-----------------|---|-----------------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|----|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | Claridad | Esta formulada con lenguaje comprensible | | | | | | | | | | | | x |
| 2 | Objetividad | Esta adecuado a las leyes y principios científicos | | | | | | | | | | | x | |
| 3 | Actualidad | Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación | | | | | | | | | | x | | |
| 4 | Organización | Existe una organización lógica | | | | | | | | | | | | x |
| 5 | Suficiencia | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | x |
| 6 | Intencionalidad | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis | | | | | | | | | | x | | |
| 7 | Consistencia | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos | | | | | | | | | | | | x |
| 8 | Coherencia | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores | | | | | | | | | | | | x |
| 9 | Metodología | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probarlas hipótesis | | | | | | | | | | | | x |
| 10 | Pertinencia | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico | | | | | | | | | | | | |

3) OPINIÓN DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos. (X) SI CUMPLE

4) PROMEDIO DE VALORACIÓN.

Fecha: 15-02-21


CONSTRUCTORA SAN JOSE
 SUCURSAL DEL PERU

JESUS ARMANDO MONGE HUAMAN
 ING. RESIDENTE
 CIP: 50188