



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTORES:

Nieto Collazos, Renzo Eduardo (orcid.org/0000-0002-7970-6529)

Robles Maldonado, Robinson Manolo (orcid.org/0000-0003-3739-5694)

ASESOR:

Mgtr. Dolores Anaya, Dante (orcid.org/0000-0003-4433-8997)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Apoyo a la reducción de brechas y carencias en la educación en todos sus niveles

HUARAZ– PERÚ

2022

Dedicatoria

A nuestros padres, que son la esperanza para nosotros, fuente de apoyo interminable e incondicional, por habernos apoyado sin ninguna condición, ya que gracias a su apoyo y a su interminable paciencia y voluntad, hoy somos quienes somos, permitiéndonos alcanzar nuestros sueños y construyendo peldaños interminables.

Agradecimiento

A Dios que guía nuestro camino día a día, que nos da fortaleza para afrontar ariosos nuestros retos. A nuestro asesor Dante Dolores Anaya, que nos dio apoyo en este pequeño pero valioso transcurso de nuestra carrera y a la Universidad Cesar Vallejo por darnos esta oportunidad para concluir nuestros estudios.

Índice de contenido

Caratula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Indice de contenido	iv
Indice de tablas	v
Indice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	25
3.1.Tipo y diseño de investigación	25
3.2.Varíables y Operacionalización.....	26
3.3.Población, muestra y muestreo.....	27
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.5.Procedimiento	31
3.6.Método de análisis de datos	32
3.7.Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII.RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Relación de cargas por eje para la determinación de ejes equivalentes (EE) en pavimentos rígidos	17
Tabla 2. Tipos de tráfico para vías de volumen bajo	19
Tabla 3. Tipos de tráfico para vías de volumen alto	19
Tabla 4. Coeficiente de pérdida de agua.....	23
Tabla 5. Evaluación de índice de servicio.	35
Tabla 6. Flujo máximo de vía, capacidad ideal por carril, ancho de calzada, % de vehículos pesados del grupo y de pendiente de acceso	35
Tabla 7. Cálculo de factores y de capacidades de la vía	36
Tabla 8. Cálculo de ejes equivalentes del pavimento rígido.....	37
Tabla 9. Estudio de tráfico para la avenida confraternidad internacional oeste ...	38
Tabla 10. Estudio de suelos	39
Tabla 11. Estudio de suelos y clasificación de suelos.....	39
Tabla 12. Diferencia de espesores entre los programas PAS 5, AASHTO 93 y pavim R	55

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Diferencia entre pavimento flexible y rígido, tomado de Google imagenes	12
Figura 2. Tipos de diseño de pavimento rígido, Olcese (2017)	15
Figura 3. Abaco de permeabilidad AASHTO (1993).....	24
Figura 4. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa PAS 5.....	40
Figura 5. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa AASHTO 93.....	40
Figura 6. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa pavimR.....	41
Figura 7. Análisis de pavimento rígido 2 mediante el programa PAS 5.....	42
Figura 8. Análisis de pavimento rígido 2 mediante el programa AASHTO 93.....	42
Figura 9. Análisis de pavimento rígido 2 mediante el programa pavimR.....	43
Figura 10. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa PAS 5.....	44
Figura 11. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa AASHTO 93... ..	44
Figura 12. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa pavimR.....	45
Figura 13. Análisis de pavimento rígido 4 mediante el programa PAS 5.....	46
Figura 14. Análisis de pavimento rígido 4 mediante el programa AASHTO 93... ..	46
Figura 15. Análisis de pavimento rígido 4 mediante el programa pavimR.....	47
Figura 16. Análisis de pavimento rígido 5 mediante el programa PAS 5.....	48
Figura 17. Análisis de pavimento rígido 5 mediante el programa AASHTO 93... ..	48
Figura 18. Análisis de pavimento rígido 5 mediante el programa pavimR.....	49
Figura 19. Análisis de pavimento rígido 6 mediante el programa PAS 5.....	50
Figura 20. Análisis de pavimento rígido 6 mediante el programa AASHTO 93... ..	50
Figura 21. Análisis de pavimento rígido 6 mediante el programa pavimR.....	51
Figura 22. Análisis de espesor de la losa mediante el programa Ecuación AASHTO93.....	53
Figura 23. Análisis de espesor de la losa mediante el programa pavimR.....	54
Gráfico 1. Diferencia de espesores utilizando los tres programas.....	56

Resumen

El desgaste de infraestructuras viales, asociadas a la pérdida de resistencia y daños en sus capas, traen inestabilidad en su durabilidad, ocasionando gastos innecesarios por mantenimiento o construcción. En este estudio se planteó como objetivo, realizar la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022. Donde se usó como metodología, con un tipo de investigación aplicada, con diseño o experimental y enfoque mixto. Donde se encontraron como resultados que, con base al estudio de tráfico el volumen máximo fue de 982 vehículos de NS y 854 vehículos de SN, además los ejes equivalentes son iguales a 2 898 480.54 EE, del mismo modo el coeficiente de transferencia de cargas fue de 3.80 y el coeficiente de drenaje fue 1; el módulo de elasticidad empleado fue de 4 590 000 donde la servicialidad inicial y final fueron de 4.5 y 2.5 respectivamente; los espesores variaron de 15.39 cm hasta los 24.77 cm; sin embargo, considerando un $Z_r=1.645$, una confiabilidad de 95% y una desviación de 0.39 el espesor fue de 19.00 cm. Se concluyó, que la propuesta final es de 19.37 cm, tomando en cuenta una clasificación JPCP.

Palabras clave: propuesta de mejoramiento, pavimento rígido, AASHTO 93.

Abstract

The wear of road infrastructures, associated with the loss of resistance and damage to its layers, bring instability in its durability, causing necessary expenses for maintenance or construction. In this study, the objective was to carry out the proposal for the improvement of the rigid pavement applying the AASHTO 93 methodology in Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash - 2022. Where it was used as a methodology, with a type of applied research, with design or experimental and mixed approach. Where the results were found that, based on the traffic study, the maximum volume was 982 NS vehicles and 854 SN vehicles, in addition, the equivalent axles are equal to 2 898 480.54 EE, in the same way the load transfer coefficient was of 3.80 and the drainage coefficient was 1; the modulus of elasticity used was 4,590,000 where the initial and final serviceability were 4.5 and 2.5, respectively; the thicknesses varied from 15.39 cm to 24.77 cm; however, considering a $Z_r=1.645$, a reliability of 95% and a deviation of 0.39, the thickness was 19.00 cm. It was concluded that the final proposal is 19.37 cm, taking into account a JPCP classification.

Keywords: improvement proposal, rigid pavement, AASHTO 93.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población a nivel global ha hecho que la migración aumente a causa de la búsqueda de nuevas oportunidades, en las tres décadas anteriores a nivel mundial se ha dado la construcción de un conjunto de obras de tipo vial, constituyéndose como eje fundamental en la conexión de vías locales, nacionales e internacionales; trayendo consigo el desarrollo de los países facilitando, una mejor calidad de vida de las personas que habitan en un territorio y facilitando su desplazamiento hacia otros. Sin embargo, esto ha traído consigo desgaste de infraestructuras viales y la pérdida de resistencia en el tiempo, haciendo que se preste mayor atención a este tipo de infraestructuras que ante estos inconvenientes muestran daños a nivel de base, sub base, sub rasante; por ende no tienen la estabilidad y la durabilidad requerida, ocasionando gastos a corto plazo para su mantenimiento y reposición. Rajib (2019, p.18) informa que las vías que presentan más estos inconvenientes son los que se encuentran dentro de América latina, ya que es en estos lugares es donde no toman en consideración métodos como el PCA 1984.o AASHTO 1993, que son adecuados para garantizar la estabilidad y durabilidad de este tipo de obras. Durante los últimos años, la vialidad en nuestro país ha sido una de las preocupaciones más grandes por parte de aquellos que se encargan de llevar a cabo el desarrollo, es decir autoridades locales, regionales y del gobierno central; no solo porque estas ayudan con la conexión de lugares; sino porque el desarrollo de los pueblos depende de estas vías, ya que esto repercute en los accidentes de tránsito, en la optimización de tiempos de transporte y en la disminución de costos para trasladarse de un lugar a otro; por otro lado, también es benéfico para el desarrollo turístico y en la competitividad trayendo consigo mayores oportunidades. De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.(MTC) del Perú, solo hasta el 2018, se tenía aproximadamente 26 916 kilómetros de vías que habían sido ya pavimentadas, quedando aún una deuda total de 135 000 kilómetros de vías que no habían sido pavimentadas entre vías de tipo departamental, nacional y vecinal; posicionándonos con base a nuestra infraestructura vial con respecto a otros países de acuerdo con el Foro Económico Mundial, en el puesto 108 de un ranking de 137 países (MTC, 2018, p.65).

Por otro lado, de acuerdo con el Compendio Estadístico Perú (CEP) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI); para el año 2015 el parque automotor en circulación en la región Ancash está en constante crecimiento, evidenciando un aumento de aproximadamente 10000 unidades hasta el 2014 desde el 2006 pasando de 19757 a 29573, siguiendo esta tendencia para el 2021 del número de autos habría crecido hasta 42600 unidades a nivel regional (INEI, 2021, p.89). No es ajeno a esto la ciudad de Huaraz, que ha evidenciado un crecimiento en su parque automotor de aproximadamente 1200 unidades hasta el año 2021, pasando a tener aproximadamente 3140 placas verificadas para la ciudad desde el 2014 donde solo tenía 1948 placas (INEI, 2021). De acuerdo INEI, Huaraz tiene doce distritos y una población de 163 mil 936 habitantes (15,1%) siendo la segunda provincia después del Santa con mayor cantidad de habitantes, al ser la capital de la región es también la provincia que tiene mayor porcentaje poblacional con educación superior, constituyendo el 36,7% del total regional. Además de presentar una población en edad de trabajar de (75,9%) (INEI, 2018, p.108). Ante esto y teniendo en cuenta el desarrollo económico, político y social, es necesario que la ciudad capital de la región tenga pavimentos que ayuden con el desarrollo económico local.

Del mismo modo, durante el último año se ha evidenciado un deterioro en esta avenida; evidenciándose mediante el informe de visita de control No. 017-2021-OCI/4603-SVC elaborado a través del Órgano de Control Institucional (OCI) de la Municipalidad Distrital de Independencia y reportado por varios medios de la ciudad en referencia (Órgano de Control Institucional, 2021, p.1). Si bien es necesario plantear soluciones ante esto, se requiere plantear métodos de diseño de pavimento que vayan de la mano con estas; actualmente la demanda de expedientes se basa en la metodología AASHTO 93 o TCP en el ámbito de América latina (Sosa, 2020, p.7). Al ser la AASHTO 93, el método más económico planteado en una serie de investigaciones y de fácil aplicabilidad (Sócola, 2018, p.6), se escogió esta metodología, ya que es necesario tomar medidas preventivas y correctivas que correspondan en la avenida en mención (Ver anexo 7, figura 34). Es evidente que de acuerdo con el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Huaraz y a los planes viales que en este se han planteado, la Av. Confraternidad Internacional Oeste es la principal Vía que conecta a la ciudad con las demás

provincias y regiones, siendo la vía por donde circula mayor cantidad de tránsito pesado. Además, los parámetros de diseño que se utilizaron para la actual Avenida Confraternidad Internacional Oeste han variado debido a la demanda de tránsito en el mismo; del mismo modo, si bien se conoce un estado situacional decadente de la vía, no se conoce como es que está conformado el pavimento, ya que las normas actuales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones están en constante cambio, incluso el tráfico y los parámetros de zonificación se han actualizado hasta la fecha.

Con base a lo planteado anteriormente, se plantea como problema general, ¿Cuál es la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022?. Desglosándose en los siguientes problemas específicos; ¿Cuál es el estudio de tráfico para la propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022? ¿Cómo se describe el estudio de suelos para el diseño de pavimento rígido de la avenida usando la metodología AASHTO 93?, ¿Cuál es el espesor del pavimento rígido a partir del diseño realizado mediante la metodología AASHTO 93?, y ¿realizar el análisis de sensibilidad de los parámetros AASHTO 93 para la propuesta de mejoramiento de pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022?. Siendo el objetivo general; realizar la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022. Planteándose para cumplir este objetivo los siguientes objetivos específicos; determinar el estudio de tráfico para la propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022, describir el estudio de suelos para el diseño de pavimento rígido de la avenida usando la metodología AASHTO 93, determinar el espesor del pavimento rígido a partir del diseño realizado mediante la metodología AASHTO 93 y analizar la sensibilidad de los parámetros AASHTO 93 para la propuesta de mejoramiento de pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.

Esta investigación se justifica; a diferentes niveles, planteando a nivel; teórico, es importante porque se realizará la revisión sobre los tipos de pavimentos y el método

AASHTO – 1993, tomando en cuenta la importancia del estudio de tráfico y los parámetros de diseño principalmente. A nivel práctico, contribuirá con la infraestructura vial de la ciudad de Huaraz, ayudando a los tomadores de decisiones plantear mantenimientos o construcciones nuevas en los diferentes tramos viales, además de tener como referencia un espesor de vía determinado y sus parámetros establecidos. A nivel metodológico, se plantea la metodología AASHTO – 1993 como una alternativa para futuras investigaciones en esta línea por medio del USO del Software PAS 5 y Hojas de cálculo que se facilitaran al terminar esta investigación, por medio de los anexos. Y a nivel social, es importante, ya que beneficiará a la población por medio de la entrada del tránsito pesado que conecta diferentes lugares con nuestros mercados. Del mismo modo, se planteó como hipótesis nula; si la propuesta de mejoramiento del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 tiene confiabilidad significativa con base al espesor para la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022. Y como Hipótesis alternativa, la propuesta de mejoramiento del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 no tiene confiabilidad significativa con base al espesor para la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Fue necesaria la revisión de la literatura para llevar a cabo el proceso de la investigación; iniciándose con estudios a nivel internacional, la cual tiene como categorías el diseño de pavimento rígido y el método AASHTO 93, donde:

Nova, J. (2017). En su tesis, que tiene como título, propuesta para realizar la rehabilitación del pavimento de tipo rígido, tramo Calle 127 D Cras 93f Y 96. Tuvo como objetivo, presentar una forma de rehabilitación con base a las variables y parámetros que influyen en el diseño de una estructura del pavimento rígido, ubicada en la Calle 127d que se encuentra entre la carretera 93f y carretera 96 del barrio el Rubí. La metodología fue de tipo descriptiva basada en la recolección de datos de campo, con enfoque cualitativo. Los resultados que obtuvo fueron, que con base a los retrocálculos se evidenciaron que los valores del módulo de reacción K que se obtuvieron, evidenciaron que los materiales de conformación de la subrasante tuvieron baja resistencia; del mismo modo, los valores que se obtuvieron por un conjunto de métodos de cálculo de refuerzo de las sobre carpetas que no fueron ligadas al pavimento rígido, no fue bueno para su uso, todo tiempo que los espesores obtenidos son consistentes, es decir no afectan de manera negativa la evaluación de los parámetros con base a sus costos-beneficios. Concluyo que, en función de las condiciones actuales de la losa de concreto; así como, del pavimento estudiado, es recomendable implementar una sobre capa ligada al pavimento rígido dentro de la conocida zona homogénea y para la aplicación de la rehabilitación, es necesario poner en marcha la sobre capa ligada, donde es necesario tomar en consideración la rigidez de la losa de concreto que existe y la losa de la sobre capa que se pondrá en marcha.

Şengün, H., Ozturk, H., & Yaman, İ. (2020). En su investigación, comparación de métodos de diseño de pavimentos rígidos mecánicos-empíricos y tradicionales: sección de vial Afyon-Emirdag. Tuvieron como objetivo realizar la comparación de diferentes métodos de diseño para determinar cuál es el más óptimo. Usó como metodología un diseño no experimental, de tipo descriptivo, con enfoque mixto. Encontró como resultados que los diseños realizados con el método empírico AASHTO 93, que es uno de los métodos de diseño de pavimentos más preferidos,

donde las losas de concreto son independientes tanto del porcentaje de aumento de tráfico como de la confiabilidad. Del mismo modo, el espesor del hormigón en los pavimentos rígidos son los que determinan su duración, siendo de 29 cm para periodos de 20 años y de 33 cm para periodos de 30 años. Por otro lado, el método de diseño M-E, sugiere que el desempeño de la carretera de concreto existente se determina en función del nivel de fiabilidad, superando los valores límite según los criterios de actuación a partir del 14 años de media en desnivel superficial y del 10 año de media por juntas. Concluyó que, cuando ambos métodos se consideran juntos, el espesor de la losa de hormigón es delgado para una vida útil de 20 y 30 años. Cuando se comparan los valores de rendimiento estimados del IRI de 1.er año, 2.º año, 3.er año, 4.º año, 5.º año y 8.º año obtenidos del método de diseño ME con los valores de IRI medidos en el campo, se observa que la desigualdad los valores se acercan más a los valores reales del campo a medida que aumentan los niveles de confiabilidad. Sin embargo, se requiere una calibración local para cada país, estado, región o ciudad para que los diseños por cualquiera de los métodos presenten resultados más realistas y hagan estimaciones de deterioro más precisas.

Rodríguez, R. (2020). En su investigación, diseño en pavimento rígido para la calle dentro del tramo 27a entre la carretera 11 y 10 del municipio de Chiquinquirá, Boyacá. Tuvo como objetivo, realizar el diseño de la estructura de pavimento rígido a través del instrumento metodológico AASHTO 93, para realizar un modelado óptimo de tramo de vía terciaria. El diseño de investigación que tomo en cuenta el investigador fue de tipo no experimental, de tipo descriptivo, con enfoque mixto. Los resultados fueron que, después de haber realizado el análisis basado en la sensibilidad a través de un software de diseño para la aplicación del método AASHTO 93, para la estructura de pavimento se satisficieron un conjunto de parámetros que se basaron en la resistencia, donde se halló una losa de aproximadamente 18 cm para la realización del diseño como requisito mínimo para cubrir los consumos de vida útil para la vía. Del mismo modo, la perdida de soporte para los materiales de tipo granular en la sub base hallada fue 2; no obstante, ante la presencia de algún tipo de infiltración, el material responde en gran medida a los fenómenos de erosión evidenciándose fracturas dentro de las placas de concreto hidráulicas donde es viable la implementación de una capa de 5 cm conformada

por asfalto para que las estructuras aumenten su forma de duración con base a las pérdidas de los soportes iguales a 0, dado que estructuralmente al presentar poca permeabilidad, es la infiltración aquella que se ve afectada tendiendo a ser mínima, sin presentarse erosión del material granular. Concluyó que el método sirve para evidenciar que la estructura de los pavimentos se diseña de manera muy similar concordando con la que se obtuvo en el proyecto, poniendo como alternativa la implementación de una placa huella, ayudándose de la carga última del concreto y tomando en consideración el tipo de camiones que transitarán en la vía.

Castro, M., Castro, A., & Castro, P. (2020). En su investigación, aplicación práctica de la metodología AASHTO-93 para realizar el diseño de pavimento rígido. Tuvieron como objetivo, llevar a cabo el planteamiento del diseño estructural de las capas del pavimento rígido, por medio del método mencionado. Donde la metodología fue de tipo descriptiva y con enfoque cualitativo. Los resultados obtenidos fueron que por medio del flujo vehicular que se estimó en la vía y con base al análisis de tránsito se determinó una losa de capa de rodadura de 15 cm de espesor, siendo de acuerdo a las exigencias, lo mínimo que se recomienda. Sin embargo, esto es dependiente del tipo de suelo de la subrasante y de la cantidad de vehículos que circulan por la vía, su tipo y su peso; por lo que con base a estos factores se deberán de dar sus mantenimientos de tipo rutinario. Concluyeron que, el método AASTHO-93 es efectivo para realizar los diseños de pavimento rígido; sin embargo, es necesario tener en cuenta los deterioros que se dan de manera mínima en el transcurso de su vida útil, las deformaciones mínimas de su superficie, y que las cargas de tipo pesado no son aquellas que originan roderas, otros factores a tomar en cuenta son los dislocamientos del asfalto o agrietamientos que se forman por fatiga, y que este tipo de pavimento demanda escasos recursos para mantenerse, además la celeridad de las construcciones con base a hormigón requieren poco o escaso mantenimiento minimizando los costos, ya que su periodo de vida útil oscila entre los 20 y 40 años (con mínimo mantenimiento); por último las propiedades de los materiales, las técnicas que se emplean para construir, y las políticas de mantenimiento tienen efectos sobre el desempeño del pavimento.

Jaimes, A. (2020). En su investigación, guía para el diseño de pavimentos rígidos en vías urbanas con aplicación en municipios con poblaciones menores a 50 000

habitantes. Tuvo como objetivo, presentar una guía enfocada en el diseño de pavimentos rígidos para vías urbanas aplicable en municipios con poblaciones inferiores a la mencionada, con base a un conjunto de herramientas de diseño que se utilizan dentro de la región. La metodología que usó fue descriptiva enfocada en fases. Donde encontró como resultados que el método AASHTO 93 tiende a ser más íntegro y sobre este se enfocan un conjunto de metodologías colombianas, además la clasificación de tránsito en Colombia se basa en dos niveles NT1 y NT2 caracterizándose por medio del número de ejes equivalentes iguales a 80 kN (8.2 Ton) que transitan a través del carril con base a los periodos de diseño, además el error normal combinado S_o para el diseño de pavimentos rígidos que varían en el rango de 0.35 y 0.40, siendo el primer valor para construcciones nuevas y el segundo para rehabilitaciones. Concluyó que, el nivel de serviciabilidad va desde cero cuando se demuestra la no existencia de pavimento y cinco cuando el pavimento es perfecto, variando para Colombia entre 3.5 y 4.5, además los valores que varían entre 2 y 3 tienen falla estructural. Además, el coeficiente de transferencia de carga (J) es de 2.8 determinando para pavimentos con losa confinada.

Quimbayo, M & Useche, E. (2021). En su investigación para especializarse, diseño de la estructura de pavimento flexible por medio del método AASHTO-93, para 1.3 kilómetros, de la vía de acceso a la Vereda La Palmita Del Municipio de Natagaima Tolima. Tuvieron como objetivo, llevar a cabo el diseño de una estructura de pavimento flexible mediante el empleo del método de diseño ya mencionado. Donde usaron una metodología teórica – práctica con enfoque cualitativo y diseño no experimental. Los resultados que obtuvieron fueron, que los ejes equivalentes encontrados fueron de 8,2 Ton para los carriles a diseñar, para un periodo (N dis = 103,365) lo cual estuvo de acuerdo a un nivel de tránsito NT-1, además se determinó una serviciabilidad al inicio de P_o 4,2 y al final de P_t 2,0 para la pavimentación urbana secundaria, además para los tramos de tipo vial se sugirieron valores con niveles de confianza aproximados al 85% y el 99% para llevar a cabo el diseño de la estructura para el pavimento se tomó una confianza aproximada R de 80% con una desviación estándar normal de $Z_r = -0,841$. Se concluyó que el Espesor para la capa de base de tipo granular fue de 24 cm, no obstante para niveles de tránsito diferentes o para un NT 1 de 103,365 el espesor de esta capa

es de 4" (10 cm); sin embargo, se recomienda mínimamente una capa de base granular 6" o (15 cm). Además, no imposible, llevar a cabo reparaciones que sean puntuales, ya que existe un deterioro progresivo a lo largo y ancho de los 1.3 kilómetros que presenta el tramo vial.

Del mismo modo, se describen estudios a nivel nacional donde; Pari, J. (2019). En su tesis, aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya-Puno. Tuvo como objetivo, usar la metodología de losa en función de su geometría para optimizar en el diseño de pavimento dentro del mismo lugar. Donde usó una metodología de tipo aplicada, con diseño no experimental y descriptivo. Encontró como resultados que aplicando el método AASHTO 93 se pudo hallar un espesor de aproximadamente 15 cm de losa de concreto y 20 cm de sub base con formas aproximadas de losa 3.0 m de largo por 3.70 m de ancho; además, se determinó el Índice de rugosidad internacional (IRI), % de losas agrietadas y escalonamiento promedio, con valores obtenidos de 2.74, 6% y 0.32 en ese orden, los cuales tienen un rango de aceptación adecuado. Concluyó que, el costo de pavimento de geometría optimizada fue pequeño, comparándola con el AASHTO 93 en 13.04%. Además, el pavimento rígido diseñado por este método es técnicamente seguro, confortable y económico.

Tiznado, B., & Zavaleta, J. (2021). En su tesis, diseño de pavimento rígido aplicando las técnicas AASHTO 93 y PCA en la carretera Matacoto, Yungay–Ancash-2020. Tuvieron como objetivo; llevar a cabo un análisis comparativo de la estructura de pavimento rígido, por medio de los conocimientos basados en el AASHTO y PCA. La metodología que emplearon, fue un tipo de investigación aplicada con un tipo de diseño no experimental de nivel descriptivo y enfoque cualitativo. Los resultados fueron; para el tránsito vehicular, según la clasificación de vehículos, evidenciaron un conjunto aproximado de 2402 vehículos a la semana, siendo el 79.60% de vehículos de tipo liviano (M1), el 20.40% fueron clasificados como vehículos de carga pesada (N1, N2). Para el estudio concerniente a la mecánica de suelos se evidenciaron propiedades físico-mecánicas con base a las muestras; el CBR de C-01 fue equivalente a 30.7%, CBR de C-02 fue igual 42.3% y por último el CBR de C-03 que tuvo un valor equivalente a 29.0%, indicando que esta carretera tuvo una

subrasante de categoría que varía en el rango de muy bueno a excelente. Además, el diseño AASHTO 93 determinó un espesor de losa de concreto con equivalencia de 17 cm y por el método PCA de 20 cm con base a una base granular de 15 cm. Concluyeron que, la estructura del pavimento rígido de acuerdo con las metodologías planteadas se diferencian en 3 cm de espesor, además esto pone a las construcciones evaluadas por el método PCA como más costosas y como más óptimas.

Ticona, W. (2021). En su tesis, evaluación técnica y económica de los procesos AASTHO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la avenida Héroes del Cenépa, llave, 2021. Tuvo como objetivo, realizar la determinación de en qué medida la evaluación técnica y económica varían entre ambos métodos, mejorando los diseños en el pavimento. La metodología fue de tipo aplicada, con diseño cuasi experimental y enfoque fue clasificado idealmente como cuantitativo. Los resultados que obtuvo fueron, que el método AASHTO 1993, obtuvo un espesor de la losa de concreto de 18.80 cm y por el método PCA 1984 se obtuvo un espesor de losa de concreto de 22.70 cm, indicando que la metodología que tuvo menor espesor es la más óptima no solo en gasto sino también por las condiciones del lugar. Además, el espesor de la sub base granular para ambas metodologías fueron de 15.30 cm. Concluyo que la metodología AASTHO es más óptima que la metodología PCA, ya que las variaciones en gastos son del 18.26%.

Balcázar, J., & Luque, M. (2021). En su tesis realizada para el diseño para el pavimento rígido y su mejora de su transitabilidad de la Av. Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, en el distrito de San Martín de Porres, año 2020. Tuvieron como objetivo, llevar a cabo el diseño de pavimento rígido con el fin de perfeccionar la transitabilidad de la avenida y jirón respectivamente. Donde describieron una metodología, con un tipo de investigación de acuerdo a su nivel aplicada, con diseño enfocado en el tipo no experimental, de nivel descriptivo y enfoque de tipo cuantitativo. Los resultados que obtuvieron fueron; que la estructura de dicho pavimento estará conformada por una sub base de 20 cm de espesor y una capa de rodadura de aproximadamente 20 cm. Con base a la condición geomecánica del suelo, el %CBR de la subrasante fue de 14.4%. Para el análisis de tránsito vehicular se determinó un ESAL de diseño de 20 años, más de 17 millones de EE.

Concluyeron que; el diseño que se planteó admite realizar la mejora de la transitabilidad dentro de la zona en estudio, donde se obtuvo que es necesario un pavimento que se conforme por una losa de concreto próxima a los 20 cm y una sub base de tipo granular de aproximadamente 20 cm.

Maldonado, R. (2021). Por su parte, desarrollo su tesis, optimización del diseño de pavimento flexible usando como procesos el AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N° 1, Distrito San Antonio, Moquegua. Tuvo como objetivo, llevar a cabo la optimización para diseñar el pavimento flexible a través de la aplicación de los métodos mencionados para la avenida. La metodología que usó determinó una investigación de acuerdo a su propósito de tipo aplicada, con diseño no experimental y correlacional. Los resultados fueron que por medio del método AASHTO se determinaron capas estructurales con carpeta asfáltica de alrededor de 5 cm, base granular de cerca de 15 cm y sub base granular de 20 cm y por la metodología ISPAV-5 se halló una carpeta asfáltica con espesores aproximados a los 6 cm, base granular alrededor de 15 cm y sub base granular de 20 cm. Concluyendo que el diseño más óptimo para esta avenida se debe de trabajar por medio del método AASHTO 93, ya que es mucho más sencillo y rápido en su ejecución, facilitando los trabajos del proyectista.

Para profundizar el estudio de las categorías de esta investigación, que posee un enfoque hacia el pavimento rígido y la metodología AASHTO, se pretende reforzar el conocimiento por medio de la revisión de estudios, pudiendo apreciar distintos enfoques de investigación. Como punto de partida se tomó al pavimento, donde Brill & Kawa (2017, p.92), la definen como una superficie real de desplazamiento conformada por varias capas superpuestas unas sobre otras, siendo especialmente duraderas y útiles para soportar la carga de tráfico que se desplaza sobre él; este otorga fricción a los vehículos, brindando comodidad al conductor y transfiriendo la carga del tráfico desde la superficie superior al suelo natural, es necesario tener en cuenta el drenaje de aguas pluviales y las condiciones ambientales son una preocupación importante en el diseño de un pavimento. Estos deben de cumplir con un conjunto de características que determinan su durabilidad como; ser estable, presentar drenaje adecuado, con ruido de rodadura interior moderada, económica, resistente a cargas de tránsito, resistente a factores intempestivos, resistente al

desgaste de llantas, y brindar adecuada comodidad a la población (Canahui, 2021, p.12).

De acuerdo con Mohod & Kadam (2016), todos los pavimentos de carreteras duras generalmente se dividen en dos categorías amplias, siendo estos; el pavimento flexible y el pavimento rígido.

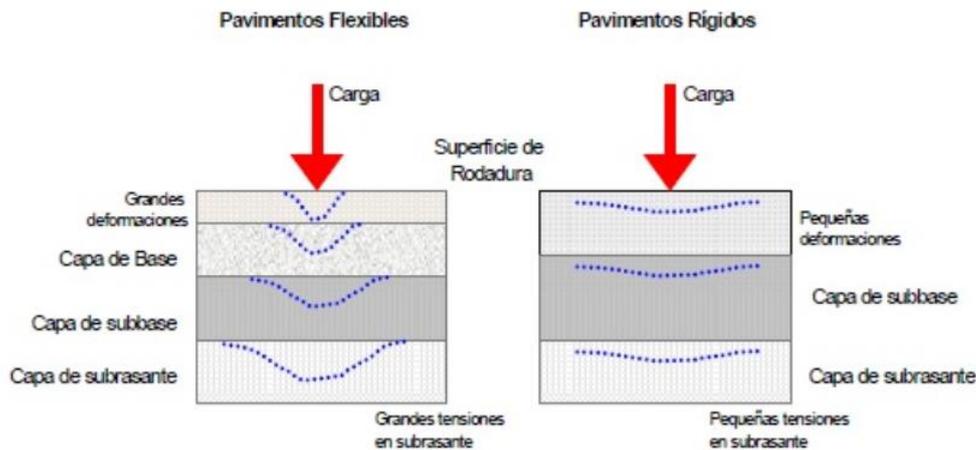


Figura 1. Diferencia entre pavimento flexible y rígido,

Fuente. Google imágenes.

El primero se define, como aquel pavimento que se utiliza para carreteras de volumen bajo a medio con un uso significativo, siendo aplicado generalmente en carreteras interestatales de gran volumen y pistas de aeródromos, calles de rodaje y plataformas sujetas a cargas pesadas de ruedas (Gautam, Kalla, Jethoo, Agrawal, & Singh, 2018, p.4). A medida que aumenta la demanda de cargas aplicadas en las ruedas y el número de aplicaciones de cargas, se vuelve muy importante caracterizar adecuadamente el comportamiento de los suelos de la subrasante y las capas de agregados no unidos como los cimientos de la estructura del pavimento en capas; es así que este tipo de pavimentos deben de encargarse de transmitir tensiones a través de la carga de las ruedas sobre las capas inferiores por medio de la transferencia de grano sobre grano atravesando los puntos de contacto dentro de la estructura granular (Pereira & Pais, 2017, p.8). La carga de la rueda que actúa sobre el pavimento se distribuirá a un área más amplia y la tensión disminuye con la profundidad, aprovechando esta distribución de tensiones característica de los pavimentos flexibles, normalmente tiene muchas capas, por lo

tanto, el diseño de pavimento flexible utiliza el concepto de sistema en capas, sufriendo generalmente por surcos que resultan del tráfico pesado y condiciones ambientales severas, ya que tienen una resistencia a la flexión insignificante y son flexibles en acciones estructurales bajo las cargas (Alkaissi, 2020, p.5).

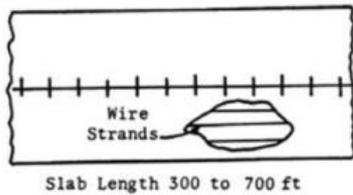
Del mismo modo, los pavimentos rígidos son aquellos que tienen suficiente resistencia a la flexión para transmitir las tensiones de carga de la rueda a un área más amplia debajo, en comparación con el pavimento flexible, los pavimentos rígidos se colocan directamente sobre el subsuelo preparado o sobre una sola capa de material granular o estabilizado (Busari, Dahunsi, & Akinmusuru, 2019, p.18). Dado que solo hay una capa de material entre el hormigón y la subrasante, esta capa se puede denominar como capa base o subbase, en un pavimento rígido, la carga se distribuye por la acción de la losa y el pavimento se comporta como una placa elástica que descansa sobre un medio viscoso, los pavimentos rígidos se construyen con hormigón de cemento Portland (PCC) y deben analizarse mediante la teoría de placas en lugar de la teoría de capas, asumiendo una placa elástica que descansa sobre una base viscosa (Chore & Joshi, 2020, p.14).

Para Pérez, Mindra, Railean, & Rojí, (2019, p.32), la teoría de placas es una versión simplificada de la teoría de capas que asume que la losa de hormigón es una placa de espesor medio que es plana antes de la carga y que permanece plana después de la carga, es así que la flexión de la losa se determina por la carga de la rueda y la variación de temperatura resultante de la tensión de tracción y flexión, siendo el estado de tensión del pavimento rígido analizado mediante análisis de elementos finitos (p. 839). La losa de pavimento de hormigón de cemento puede servir muy bien como superficie de desgaste, así como capa base eficaz; por lo tanto, generalmente la estructura rígida del pavimento consiste en una losa de hormigón de cemento, debajo de la cual se puede proporcionar una base granular o una capa de subbase, los pavimentos de hormigón, a menudo llamados pavimentos rígidos, están hechos de hormigón de cemento Portland y pueden tener o no una capa base entre el pavimento y la subrasante. Como regla general, el hormigón, excluyendo la base, se denomina pavimento (Pleşcan., et al, 2021, p.32). El pavimento de hormigón, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, tiende a distribuir la

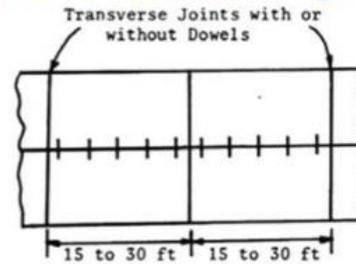
carga aplicada sobre un área relativamente amplia de suelo; así la mayor parte de la capacidad estructural es suministrada por la propia losa.

Dentro del pavimento rígido existe un conjunto de clasificaciones o categorías; siendo las siguientes, el pavimento de hormigón liso articulado (JPCP o Jointed plain concrete pavement), el pavimento de hormigón armado articulado (JRCP o Jointed reinforced concrete pavement), el pavimento continuo de hormigón armado (CRCP o Continuous reinforced concrete pavement) y el pavimento de hormigón pretensado (PCP o Pre-stressed concrete pavement) (Ersoz, Pekcan, & Teke; 2017, p.6). El pavimento de concreto simple articulado, es un tipo de pavimento de concreto de cemento simple construido con juntas de contracción estrechamente espaciadas, donde las barras de pasador o enclavamientos agregados se utilizan normalmente para la transferencia de carga a través de las juntas, normalmente tienen un espaciado de juntas de 5 a 10 m (Kumar & Prakash, 2020, p.14). El pavimento de hormigón armado articulado (JRCP), posee las mismas características que el anterior, aunque los refuerzos no mejoran significativamente la capacidad estructural, pueden aumentar drásticamente el espaciamiento de las juntas de 10 a 30 m es en este tipo de pavimento donde se requieren barras de pasador para la transferencia de carga y el refuerzo ayuda a mantener la losa unida incluso después de las grietas, en el pavimento continuo de hormigón armado (CRCP), la eliminación total de juntas se consigue mediante refuerzo en pavimento continuo de hormigón armado y en los pavimentos de hormigón pretensado se componen de hormigón pretensado (Sabahfar & Murrell, 2020, p.45).

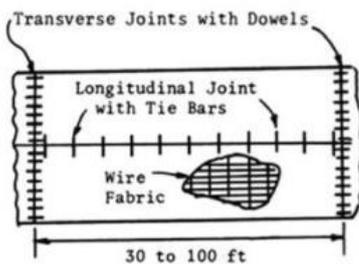
Prestressed Concrete Pavement (PCP)



Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)



Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)



Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)

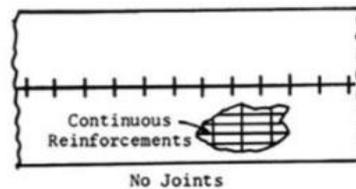


Figura 2. Tipos de diseño de pavimento rígido

Fuente. Olcese (2017).

Por otro lado, las fallas del pavimento rígido tradicionalmente se dan por agrietamiento a través de las fatigas consideradas como el principal o único criterio para llevar a cabo el diseño de pavimentos rígidos, donde el número permitido que se repiten para la carga pueden ser la causante de agrietamientos por fatiga dependiendo de la correlación de tensión entre la tensión de tracción por flexión y el módulo de rotura para el hormigón; últimamente, el bombeo se identifica como un criterio de falla importante, donde el bombeo es la expulsión de la lechada de tierra a través de las juntas y grietas del pavimento de hormigón de cemento, provocada durante el movimiento descendente de la losa bajo las pesadas cargas de las ruedas, otros tipos importantes de daño en pavimentos rígidos incluyen fallas, desconchado y deterioro (Saleh & Van Der, 2019, p.25).

Para el desarrollo de la segunda categoría se mencionan los métodos de diseño para los pavimentos rígidos, donde si bien preexisten un conjunto de métodos útiles

para el dimensionamiento, se habla de tres metodologías de diseño; empírica, mecanicista y empírica – mecanicista (Ramírez, 2021, p.48). Si bien estos modelos se basan en modelos matemáticos, algunos nacen por medio de la experiencia, también llamados métodos empíricos; de donde se tomó el método AASHTO 1993 o (American Association Of State Highway And Transportation Officials), siendo el método más conocido que es aplicado hasta la actualidad, donde se toman un conjunto de criterios para el desarrollo de pavimentos mediante esta metodología, siendo estos: el estudio de tráfico, el estudio de suelos, y los estudios hidrológicos principalmente. Basándose esta metodología en la ecuación siguiente:

$$\log_{10}W_{82} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + (\log_{10}(\Delta PSI / (4.5 - 1.5))) / ((1) + (1.25 * 10^{19}) / (D + 25.4)^{8.46} + (4.22 - 0.32 P_T) * \log_{10}((M_T C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)) / (1.51 * J - (0.09 * D^{0.75} - (7.38 / (E_c k) 0.25))))$$

Dónde: W_{82} se refiere al número de ejes equivalentes, Z_R representa la desviación normal estándar, S_0 es el error estándar combinado, D corresponde al espesor del pavimento, ΔPSI es la pérdida de serviciabilidad, P_f significa serviciabilidad final, M_r es el módulo de rotura, C_{dx} es el coeficiente de drenaje, J es el coeficiente de transferencia de cargas, E_c es el módulo de elasticidad del concreto y K es módulo de reacción de la sub rasante.

Para estudios básicos, se toma en cuenta la geometría de la vía, el estudio de suelos y el estudio de tráfico. Donde el tráfico, influye en él diseño, ya que una estructura debe de resistir un conjunto de cargas, los vehículos al contar con un conjunto de ejes producen diferentes tensiones y deformaciones; es así que el tráfico es dependiente del número equivalente de ejes. Este tipo de eje de acuerdo con la metodología AASHTO es de 80 kN o 18 kips, se conoce como equivalente simple axial o ESAL (MTC, 2014, p.62).

Los ejes se convierten al eje llamado ESAL, a través de factores equivalentes de carga o LEF (load equivalent factor) o EE (ejes equivalentes), expresando la relación entre pérdida de serviciabilidad a causa de una carga de un tipo de eje en particular y la misma producida por el eje estándar de 80 kN en el mismo eje (MTC, 2014, p. 228).

Tabla 1. Relación de cargas por eje para la determinación de Ejes Equivalentes (EE) en pavimentos rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE8.2tn)
Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EE_{TA1} = [P/13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EE_{TA2} = [P/13.3]^{4.1}$
Eje Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EE_{TR1} = [P/16.6]^{4.0}$
Eje Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	$EE_{TR2} = [P/17.5]^{4.0}$
P-peso real por eje en toneladas	

Fuente. MTC (2014). Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos.

El cálculo de factor equivalente de carga, llamado factor vehículo o LEF de ahora en adelante, se llevará a cabo de la siguiente manera:

$$w = \frac{1}{F_v} = \frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4.62} \left[\frac{10^{\beta x}}{10^{\beta 18}} \right] \left[L_{2x} \right]^{3.28}$$

Dónde:

$$G = \text{Log} \frac{(4.5 - P_t)}{4.5 - 1.5}$$

$$\beta = 1.0 + \left(\frac{(3.63(L_x + L_{2x}))^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_{2x}^{3.52}} \right)$$

Dónde: Lx es el eje de carga a evaluar, L18 es la carga equivalente estándar de 18 kN, L2 es el código de configuración de eje, 1 es el eje simple, 2 es el eje doble en tándem, 3 es eje triple tridem, x es el factor equivalente de eje evaluado, s es el código del eje estándar del eje simple igual a 1, Pt es el índice de serviciabilidad final y D es el espesor de losa asumido; donde el factor vehículo nos brinda la

información del daño entre ejes; donde al considerar lo anterior el ESAL se determina:

$$ESAL = IMDA \times FCA \times Fd \times Fc \times Fp \times 365$$

Dónde: el IMDA es el índice medio diario anual y el FCA es el factor de crecimiento.

$$Tn = To + (1 + r)^{n-1}$$

Dónde: Tn es el tráfico proyectado en año "n", To es el tráfico inicial en año 0, r es la tasa anual de crecimiento de tráfico, n es el número de años del periodo de diseño, Fd es el factor de direccional, expresado como una relación de número de vehículos que circula en una dirección o sentido de tráfico, Fc es el factor de distribución por carril, expresado como una relación de vehículos que circulan mayormente por un carril y Fp es el factor presión neumático, mide el deterioro causado por los neumáticos al pavimento.

En cuanto a la confiabilidad, se define como el coeficiente de seguridad agregado a la fórmula AASHTO, es también definido como la probabilidad en que el sistema estructural que forma el pavimento cumple su función prevista de acuerdo a su vida útil bajo las condiciones (medioambientales) que tendrán lugar en un lapso determinado.

$$R(\%) = 100P(Nt > NT)$$

Dónde: Nt es el número de ESALS de 80 kN que llevan al pavimento a su servicialidad final y NT es el número de ESAL de 80 kN, que son previstos y que actuaran sobre el pavimento durante su periodo de diseño.

El nivel de confiabilidad recomendado para clasificaciones funcionales, para lugares urbanos y rurales respectivamente; es para autopistas interestatales y otras autopistas varía de 85 a 99.9 y de 80 a 99.9; para vías arteriales principales de 80 a 99 y de 75 a 95, para vías colectoras varía de 80 a 95 y de 75 a 95 y para vías locales de 50 a 80 para lugares urbanos y de 50 a 80 para lugares rurales (AASHTO, 1993, p.45).

Para vías que tienen un volumen bajo de tráfico, los tipos de tráfico se expresan de la siguiente manera:

Tabla 2. Tipos de tráfico para vías de volumen bajo

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico Pesado Expresado en EE
Tp1	> 150,000EE
	≤ 300,000EE
Tp2	> 300,000EE
	≤ 500,000EE
Tp3	> 500,000EE
	≤ 750,000EE
Tp4	> 750,000EE
	≤ 1'000,000EE

Fuente. MTC (2014).

Para vías superiores, los tráficos pesados se clasifican de la siguiente manera variando del tipo 5 hasta el tipo 14, variando en medidas de mayores a 1'000,000 EE y menores iguales a 30'000,000 EE.

Tabla 3. Tipos de tráfico para vías de volumen alto

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico Pesado Expresado en EE
Tp5	> 1'000,000 EE
	≤ 1'500,000 EE
Tp6	> 1'500,000 EE
	≤ 3'000,000 EE
Tp7	> 3'000,000 EE
	≤ 5'000,000 EE
Tp8	> 5'000,000 EE
	≤ 7'500,000 EE
Tp9	> 7'500,000 EE
	≤ 10'000,000 EE
Tp10	> 10'000,000 EE
	≤ 12'500,000 EE
Tp11	> 12'500,000 EE
	≤ 15'000,000 EE
Tp12	> 15'000,000 EE
	≤ 20'000,000 EE
Tp13	> 20'000,000 EE
	≤ 25'000,000 EE
Tp14	> 25'000,000 EE
	≤ 30'000,000 EE

Fuente. MTC (2014).

En cuanto a la servicialidad, se basa en la modelización de los cambios en los parámetros de capacidad de servicio del pavimento se centra principalmente en monitorear el impacto del desnivel en el vehículo en términos de costos sociales y costos de los administradores de carreteras, su rango de valores varía desde 0 a 5, siendo 0 en pésimo estado y 5 en condiciones perfectas, tal como lo menciona la guía AASHTO (1993, p.56), la modelización de los cambios en la capacidad de servicio del pavimento y su desarrollo se utiliza como un medio para predecir el período en el que una carretera alcanzará su valor límite. Los parámetros individuales de la capacidad de servicio del pavimento son rugosidad, estado del pavimento, desniveles transversales y longitudinales (Ďurinová, Mikolaj, & Hostačná, 2021, p.1). Para AASHTO se sugiere un índice de 4.5 para pavimentos rígidos cuando no se tenga información para llevar a cabo el diseño. Pt conocido como serviciabilidad final o condición final del pavimento, su valor va a depender de la funcionalidad de la vía, como lo recomienda la guía AASHTO93 y el Manual de Carreteras.

Por otro lado, tenemos a la subrasante que se considera la base del sistema de pavimento, también conocido como suelo de fundición que transfiere las cargas aplicadas al suelo. Para caracterizar el material de la subrasante bajo diferentes condiciones ambientales y de carga, se ha introducido el módulo resiliente (M_r) como una propiedad fundamental del material que describe el comportamiento inelástico del material bajo carga de tráfico (AASHTO, 2003, p.65). Dado que las capas de pavimento sufren cargas de tráfico repetidas, el suelo de la subrasante experimenta deformaciones tanto recuperables como permanentes con cada repetición de carga. Cuando aumenta el número de repeticiones de carga, la deformación plástica disminuye hasta que se vuelve totalmente recuperable (Sadrossadat et al., 2016, p.3). Por tanto, M_r puede definirse como la relación entre la tensión de la desviación aplicada y la deformación recuperable (AASHTO, 2003, p.68). El M_r de los suelos de la subrasante se determina típicamente usando pruebas triaxiales de carga repetida (RLT) en muestras remodeladas o no perturbadas (AASHTO, 2003, p.69).

Uno de los ensayos que se usa para determinar el M_r es el ensayo de valor soporte california (CRB) donde:

$$CBR = \frac{\text{Carga que produce una penetración de 2.5mm en el suelo}}{\text{Carga que produce una penetración de 2.5mm en la piedra californiana}}$$

Con base a esto se realiza la correlación Huekelom y Klomp, que se utiliza para suelos con $CBR < 10\%$, los cuales son clasificados como suelos finos.

$$Mr(psi) = 1500 \times CBR$$

Para $CBR < 20\%$

$$Mr(psi) = 1000 + 555CBR$$

Actualmente de acuerdo a la AASHTO (2003) se propuso el Mr (psi):

$$Mr(psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

La resistencia a la flexión, o módulo de ruptura, se determina cargando una viga entre dos soportes, presenta una medida colectiva de todos los esfuerzos dentro de la viga, tales como tracción, compresión y cortante; sin embargo, el esfuerzo máximo se desarrolla en la cara directamente opuesta a la carga y es extensible; por lo tanto, la falla final del material de prueba se debe a las tensiones de tracción (Chung, Zhang, Li, Sun & Ghannam, 2017, p.4). El módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$fr = \frac{M \times C}{I}$$

Donde; f_r es el módulo de ruptura, M es el momento flector en el instante de ruptura, C es la distancia que va desde el eje neutro hasta el punto de ruptura, e I es el momento de inercia en la sección transversal.

En cuanto al módulo de elasticidad, este representa la rigidez del concreto ante cargas que se imponen sobre este, caracterizándose por su capacidad para realizar la distribución de cargas en la losa misma, existe un conjunto de enfoques teóricos y experimentales que se pueden aplicar para evaluar el módulo de elasticidad de los hormigones. En el modelo teórico, se supone que los hormigones son un sistema multifásico; donde el módulo de elasticidad se obtiene en función del comportamiento elástico de sus componentes, siendo esto así es posible modelar el hormigón como un material de dos fases, que implica a agregados y a pasta de cemento hidratada o material trifásico, si la llamada zona de transición de interfaz (ITZ) entre los dos se introduce 3 fases (Noguchi, et al., 2009, p.13). Es así que el módulo de elasticidad se determina por medio de la resistencia a la compresión simple del concreto f'_c :

$$E_c = 57000 \times (f'_c)^{0.5}$$

Por otro lado, debe de tenerse en cuenta las consideraciones de drenaje, ya que tiene repercusiones sobre los cambios que puedan sufrir los materiales al estar sumergidos en agua, pudiendo causar daño estructural, para los diseños este se considera como factor que tiene efectos sobre el coeficiente de capa; afectando a la resistencia y al comportamiento de losas de concreto. El drenaje de las superficies del pavimento de las carreteras es importante para mitigar las salpicaduras; además, gran parte del agua que cae sobre los pavimentos penetra en la sección estructural a través de grietas, juntas y superficies porosas. Es así que los pavimentos convencionales de drenaje lento se están deteriorando más rápidamente de lo necesario debido a los impactos de los vehículos pesados en las secciones estructurales inundadas. Los sistemas de drenaje de pavimento más positivos utilizan una capa de drenaje de pendiente abierta debajo de todo el ancho de la calzada con tuberías colectoras y tuberías de salida adecuadas. Para hallar

el coeficiente de drenaje utiliza el método de aproximación del tiempo para drenar, siendo este:

$$Lr = W \left(\left(\frac{S}{Sx} \right)^2 + 1 \right)^{0.5}$$

$$Sr = (S^2 + Sx^2)^{0.5}$$

$$S1 = \frac{LR SR}{H}$$

Donde; S es la pendiente longitudinal, Sx es la pendiente transversal, W es el ancho de base permeable y H es el espesor de la base; además en a la densidad seca máxima D_{smax} y al peso específico el suelo, pe se calcula el volumen de vacíos máximos conocido como N_{max} , donde:

$$N_{max} = 1 - \frac{D_{smax}}{Pe}$$

Es así que se calcula la perdida de agua, para hallar la porosidad efectiva a partir de una Tabla recomendada por el AASHTO, el cual es necesario para realizar el cálculo del coeficiente de drenaje.

Tabla 4. Coeficiente de pérdida de agua

Material predominante	Contenidos de finos								
	<2.5%			5%			10%		
	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla
Grava	70	60	40	60	40	20	40	30	10
Arena	57	50	35	50	35	15	25	18	8

Fuente. AASHTO (1993).

Del mismo modo, a partir de las ESALs mediante el ábaco de permeabilidad se determina, el espesor del diseño de losa.

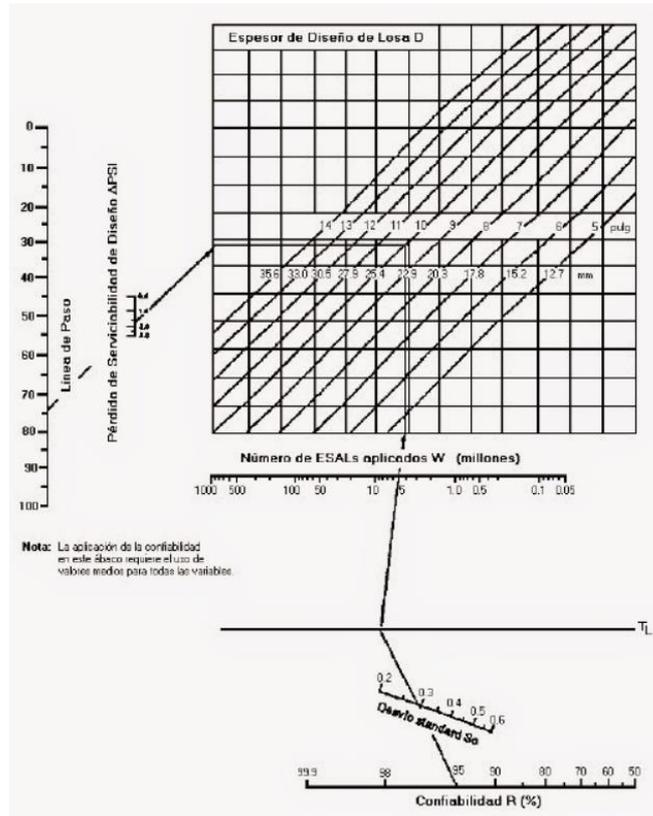


Figura 3. Abaco de permeabilidad AASHTO (1993).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación fue de tipo aplicada de acuerdo a su finalidad, ya que la investigación se enfocó en la propuesta de mejoramiento mediante el uso de un método ya establecido; el AASHTO 93, que depende de un conjunto de parámetros básicos para poder ser aplicado, es así que se centró en la aplicación inmediata de la teoría dejando de lado el desarrollo teórico lo cual es propio de una investigación básica.

Para Coad, Segarra & Teruel (2020, p.4), las investigaciones se dividen en tres tipos; investigación básica, investigación aplicada y tecnológicas; sin embargo, para realizar el segundo y tercer tipo de investigación, es necesario realizar una interacción con el tipo de investigación básica, ya que cualquier tipo de actividad empírica y teórica basada que toma en cuenta actividades de investigación y desarrollo aplicadas es más efectiva cuando se llevan a cabo en conjunto con actividades de investigación básica, es por esto que se tomó en cuenta teorías básicas para el desarrollo de este estudio aplicado. Algunos autores, como Nieto (2018, p.6), dividen la investigación en dos tipos; básica y aplicada o tecnológica, donde está última de acuerdo a su metodología es parte de la realización de la observación, pasando por la reflexión, el diseño y finaliza en la praxis de la necesidad de analizar y sintetizar el objeto de investigación, pudiendo ser un sistema, una norma, una técnica, etc.

En función a su diseño, fue no experimental, ya que se realizó la observación para describir el registro del fenómeno; en este caso se llevó a cabo la propuesta de mejoramiento del pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste a través de procesos mecánicos y empíricos como lo es la metodología AASHTO 93.

De acuerdo a la profundidad de la investigación; fue descriptiva, puesto que se buscó conocer un conjunto de características y datos numéricos importantes para realizar la propuesta de mejoramiento del pavimento. Conforme a Hernández (2015, p.84), este estudio estos tipos de estudios se enfocan en la explicación de propiedades, características y perfiles, pudiendo estar relacionados con proyectos o cualquier fenómeno al que esté sometido a algún tipo de análisis.

Tomando en consideración el enfoque, si bien esta investigación realizó un conjunto de cálculos, estos cálculos se realizaron con el fin de ser descritos; por tanto, esta investigación fue mixta, es decir cualitativa y cuantitativa, sirviendo como características o factores que determinan la metodología planteada, siendo esto así se desarrolló la matriz de operacionalización de variables con base a la Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para obtener los Grados Académicos y Títulos Profesionales (2020, p. 10).

Fue transversal, ya que se midieron las variables durante una ocasión, sin realizar un mantenimiento continuo de las variables en estudio; es decir, se llevó a cabo la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido. Como señaló Hernández (2015, p.92), este tipo de investigaciones miden una o más variables durante una sola ocasión, teniendo como característica ser observacional y descriptiva y no requiere mantener la identidad de elementos.

3.2. Variables y Operacionalización.

Variable:

Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido

Se planteó como variable la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido, donde se tomó como dimensiones el pavimento actual de la avenida y el diseño de pavimento; donde se tomaron como indicadores la deformación del pavimento, la capa de la subbase y la capa subrasante. Del mismo modo, se tomaron en cuenta al estudio de tráfico, el estudio de suelos, el espesor de la vía y la sensibilidad de parámetros de diseño de pavimento rígido; determinándose estos con base a indicadores como el coeficiente de transferencia de cargas, el coeficiente de drenaje, la clasificación de suelos, la categoría sub rasante, la serviciabilidad, la desviación estándar del estudio de tráfico, los ejes equivalentes y su confiabilidad

Operacionalización:

Ver anexo 3

La operacionalización de variables se desarrolló con base a las teorías que determinan que esta se origina con base al planteamiento del problema del que es

objeto la investigación, denominándose al comienzo Matriz de Operacionalización de Categorías y Variables (Zepeda & Pesci, 2018, p.3). Para Álvarez (2020, p.8); La matriz de operacionalización busca realizar el registro de la información adecuada del problema y objetivo adecuado; las variables de estudio se definen de manera conceptual y operacional, mientras que la parte operacional toma en cuenta los indicadores y escalas de medición; esto asegura que el investigador conozca lo que va a desarrollar, ya que la parte operacionalización de la investigación generalmente se constituye como un proceso complejo, porque tiene repercusión en llevar a cabo mediciones tangibles, operativas y registrables dentro de un contexto real; asimismo, la dimensión será un constituyente de las variables, ya que es autónoma; por tanto, se descompondrá en dimensiones y en indicadores.

3.3. Población, muestra y muestreo

La investigación en estudio se realizó en la provincia de Huaraz, que se encuentra a 3365 msnm, dentro de la cordillera negra, de manera particular en la Av. Confraternidad Internacional Oeste, perteneciente a los distritos de Independencia y Huaraz.

Población: El concepto de población parte de los conceptos básicos de estadística que la describen como un conjunto de elementos que tienen en común una variable de interés que se desea estudiar (Pastor, 2019, p.15). Este concepto está relacionado con las unidades de análisis o de muestreo que son parte de un fenómeno a estudiar, pudiendo ser cuantificables o no; es decir, la población se refiere a todo un grupo de casos que poseen en común un conjunto de detalles característicos, por lo que es necesario delimitar bien estas características para poder llevar a cabo la investigación, es decir deberá de situar de manera precisa su contenido, lugar y tiempo (Hernández, Fernández & Baptista; 2017, p.46).

Teniendo esto en cuenta, nuestra población estará constituida por, todos los tramos de la infraestructura vial de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, las cuales hacen 3.18 km, Huaraz, Ancash – 2022 (Ver anexo 7, figura 35).

En cuanto a los; **Criterios de inclusión**, se incluyeron a los tramos que evidencian rupturas y fallas para poder observar las capas del pavimento rígido. Por otro lado,

se excluyeron a los tramos que no evidencian fallas donde no se pueden observar las capas de pavimento rígido, ya que abrir algunas de estas capas aumentaría los recursos de investigación.

Muestra: Para Hernández, Fernández & Baptista (2017, p.156), la muestra es parte de la población, la cual se constituye como un subgrupo de la población que se va a estudiar y sobre el cual se comenzaran a recolectar datos, teniendo que definirse en un espacio y tiempo; y delimitarse con precisión, debiendo de tener como característica su representatividad poblacional. Es necesario aclarar que en este tipo de estudios no es necesario usar fórmulas probabilísticas para realizar el cálculo poblacional, ya que la elección de los elementos no es dependiente de la probabilidad, sino que se basará en causas que se relacionan con las características del estudio y el propósito de los investigadores (Johnson, Dohrmann, Burt, & Mohadjer, 2014, p.25). Es decir, la forma para hallarla no será de manera mecánica ni se basará en fórmulas de probabilidades, sino que dependerá de pasos útiles para tomar decisiones de los investigadores participantes, obedeciendo a criterios de investigación.

Es así que nuestra muestra estuvo constituida por 22 tramos dentro de 3.18 km de la infraestructura vial de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022. Donde comenzando desde el sector Quinuacocha, el tramo 1 fue de 240 ml, los tramos 2, 3, 4, 5, 6, 7 tuvieron una longitud de 90 ml, el tramo 8 fue de 140 ml, el tramo 9 fue de 115 ml, el tramo 10 fue de 120 ml, el tramo 11 fue de 115 ml, el tramo 12 fue de 120 ml, el tramo 13 fue de 220 ml, el tramo 14 fue de 360 ml, los tramos 15, 16, 17, 18 fueron de 50 ml, el tramo 19 tuvo una longitud de 230 ml, el tramo 20 tuvo una longitud de 115 ml, el tramo 21 fue de 435 ml y el tramo 22 fue de 230 ml (Ver anexo 7, figura 36).

Se debe de tener en cuenta que la unidad muestral es cada tramo de la infraestructura vial, la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz Ancash – 2022.

Muestreo: En esta investigación se usará el tipo de muestreo no probabilístico, de acuerdo con Scharager & Reyes (2001, p.23), este tipo de muestreo, se conoce como dirigido o intencional, donde la elección de los elementos no es dependiente

de las probabilidades, sino más bien de las condiciones que permiten realizar o llevar a cabo el muestreo. Es así que se realizó el muestreo por cuotas, donde los investigadores de la presente investigación se encargaron de obtener la información de acuerdo a las unidades de análisis con base a las condiciones del lugar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Caro (2019, p.7), las técnicas e instrumentos que sirven para la recolección de datos son un conjunto de instrumentos que tienen como fin ayudar en la medición y recojo de información de forma que se organice con objetivos específicos para la investigación. Es así que se usará:

3.4.1. Técnicas de investigación

Durante el desarrollo de la presente tesis, se usaron dos tipos de técnicas para la recolección de datos:

La observación: que se utilizó de manera directa por medio de la inspección visual, donde se adquirió información sobre el estudio de tráfico, el flujo máximo de la vía, y las capacidades de las vías, del mismo modo, se pudo visualizar la información de los estudios de mecánica de suelos dados por el laboratorio para luego interpretarlos.

Esta técnica se usó en la investigación, cuando se llevó a cabo la identificación de carriles, cuando se determinó el volumen máximo de autos, y la velocidad de estos. Del mismo modo, cuando se llevaron a cabo las mediciones de las calzadas.

El análisis documental: Que consistió en la revisión de los manuales de carreteras del MTC, con el fin de tomar como referencia ciertos índices y fórmulas para el cálculo de factores, ejes equivalentes o ESALs, principalmente.

De forma detallada, esto fue útil, para determinar ciertos índices y factores, así como para el cálculo de capacidades y de ejes equivalentes principalmente, necesitando para esto, determinar las clases de vehículos de acuerdo a los ejes que tiene.

3.4.2. Instrumento de Investigación

Para la presente investigación se utilizó:

La **ficha de evaluación de datos**, donde se constataron un conjunto de medidas y conteos llevados a cabo en campo y en el laboratorio de mecánica de suelos. Estos datos fueron llevados luego los softwares de diseño de pavimentos PAS 5, AASHTO 93 y PavimR.

La razón de la ficha de evaluación usada, sirvió para tomar los datos de forma sistematizada, con el fin de llevar a cabo el diseño de pavimento rígido, ya que este depende, de acuerdo a la metodología AASHTO 93, de los ejes equivalentes o ESALS, por ello es que se llevó a cabo el conteo del número de carriles, y el volumen máximo de estos; del mismo modo, es necesario tener en cuenta los flujos máximos y las capacidades ideales, así como el ancho de la vía, es evidente que la herramienta utilizada tuvo como función, facilitar los cálculos.

3.4.3. Validez y contrastación

La ficha de evaluación de datos se ajustó a los formatos del MTC, de donde se tomaran en cuenta; la serviciabilidad, la desviación estándar, los ejes equivalentes y la confiabilidad. Siendo esta indispensable para conocer cómo es que se comporta el tráfico dentro de una zona en estudio, para lo cual es necesario realizar conteos de variables que tienen como fin representar el comportamiento de la circulación (Tiznado, 2021, p.43). Del mismo modo, el instrumento se basó en el RNE, enfocándose en la clasificación de suelos y la determinación de la categoría sub rasante, lo cual es importante para establecer parámetros y criterios para el diseño de pavimento en este caso. Todo esto fue **validado** mediante el juicio de tres expertos que garantizaron los resultados, como instrumentos de diseño se utilizaron los softwares ya mencionados.

En cuanto al **Rigor científico**: esta investigación contó con rigor científico, ya que usaron fichas de observación basadas en la guía del MTC y el RNE, del mismo modo se usó como método el AASHTO 93, que es el método empírico más utilizado para diseño de pavimento rígido, es así que todos los cálculos pudieron enfocarse en el reduccionismo y universalidad de análisis respetando criterios importantes como; la credibilidad, dependencia y confirmabilidad y transferibilidad (Sánchez, 2017, p.12). Con base a esto se respetó el criterio de credibilidad,

donde los investigadores, por medio de observaciones y registros fotográficos, evidenciaran la recolección de información (Baixinho & Costa, 2020, p.26).

Del mismo modo, se respetó la transferibilidad que consiste en transferir los resultados de investigación a otros entornos; es decir, podrá ser replicado en otros pavimentos rígidos en otros tipos de calle. De acuerdo con Díaz, Duque, Gómez & Ayala (2021, p.16), este criterio se basa en examinar que tanto se pueden ajustar los datos y resultados a otros contextos, siendo necesario para esto realizar una descripción detallada de la realidad del lugar. Del mismo modo, con el fin de brindar estabilidad a los datos se respetó el criterio de dependencia, teniendo cierto nivel de inestabilidad de acuerdo al tiempo y contexto que generalmente son irrepetibles en este tipo de estudios; por último, se tuvo en cuenta la confirmabilidad, donde se podrán seguir los pasos metodológicos para estudios similares, pudiendo ser comparados con esta investigación, con esto se asegurará la autenticidad de la investigación (Reina, 2021, p.24).

3.5. Procedimiento

- Para determinar el estudio de tráfico, se llevó a cabo la visita a campo donde se evaluó el índice de servicio de Sur a Norte y de Norte a sur en el que se tomaron en cuenta, el número de carriles, el volumen máximo de vehículos, el volumen máximo por carril y la velocidad de los vehículos. Del mismo modo se llevaron a cabo medidas del flujo máximo de la vía, la capacidad ideal del carril, el ancho de la calzada, el porcentaje de vehículos pesados del grupo y el % de pendiente de acceso. Los cálculos de los factores y capacidades, se llevaron a cabo tomando como referencia el manual de carreteras del MTC, así como el cálculo de ejes equivalentes, la servicialidad inicial y final, la desviación estándar y la confiabilidad.
- Para el estudio de suelos, se llevó a cabo el estudio de mecánica de suelos, donde a través del manual del MTC se determinó la transferencia de cargas y el coeficiente de drenaje; del mismo modo, a través del informe de laboratorio se determinó la clasificación del suelo y la categoría subrasante.
- En cuanto al diseño del espesor del pavimento, se llevó a cabo el diseño por medio de la metodología AASHTO 93, donde los datos fueron llevados

- a los softwares de diseño de pavimentos PAS 5, AASHTO 93 y PavimR
- Posteriormente se compararon y determinaron los espesores creando gráficas de sensibilidad haciendo variar los parámetros.
 - Finalmente, para realizar la propuesta de mejoramiento se compararon los espesores determinados para los 22 tramos estudiados, del mismo modo se sacaron los promedios de los resultados de cada programa.

3.6. Método de análisis de datos

La organización de datos se llevó a cabo en tablas en el programa Microsoft Excel, y su análisis se llevó a cabo mediante las hojas de cálculo para la aplicación del método AASHTO 93, tomando en cuenta criterios contenidos en el RNE y el MTC. Del mismo modo, para contrastar el soporte de datos se usó el análisis de confiabilidad y espesor, donde se tomó en cuenta el análisis de sensibilidad para un conjunto de parámetros. Con base a esto se determinó cuál es el programa más adecuado para nuestros datos y cuál es el espesor.

- Para el estudio de tráfico, el análisis de los datos se llevó a cabo por medio el manual de carreteras del MTC, “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, donde después del trabajo en campo en gabinete se calcularon los factores e índices; ayudándonos de las tablas de clasificación de vehículos las cuales clasifican vehículos ligeros y pesados.
- En función de los vehículos pesados y ligeros ya contados; también, se llevó a cabo el cálculo de los ESALs o ejes equivalentes o W82, por medio de la fórmula que se encuentra en las bases teóricas.
- Para el estudio de suelos, no se realizaron calicatas; sin embargo, se aprovecharon los estudios llevados a cabo durante el año 2021, para la refacción del tramo 1 tomado en la muestra y otros complementarios que sirvieron para diseños antecedentes de la vía, estos estudios de laboratorio constaron de pesos, determinación de humedad, diagramas de fluidez, cálculos de límites líquido y plástico, índice de plasticidad, análisis de tamiz, esto fue proporcionado por el laboratorio GEOSTRUCT, en función de esto se determinó el coeficiente de transferencia de cargas y el de drenaje,

ayudándonos del programa pavimR.

- El análisis de diseños se llevó a cabo por medio de la comparación de espesores, utilizando los programas PAS 5, AASHTO 93 y PavimR, utilizando una confiabilidad de 1.645 al 95.00% y desviación estándar de 0.39, estos datos fueron usados, puesto que se desea una confiabilidad más próxima al 100.00%; aunque pueden usarse confiabilidades superiores al 85.00%; no obstante, las variaciones de espesores es mayor y los resultados son menos confiables.
- Para el análisis de las gráficas de sensibilidad se hicieron variar los espesores en los programas utilizados, para hacer variar parámetros (Servicialidad inicial y final, módulos de elasticidad y ruptura, coeficiente de drenaje, coeficiente de transferencia de cargas, modulo efectivo de reacción de la subrasante, confiabilidad, desviación estándar, e incluso ESALs.
- Para el análisis de la propuesta de mejoramiento se compararon los espesores determinados para los 22 tramos en el programa Microsoft Excel, con el fin de observar el comportamiento de los espesores en los tramos, y poder llevar a cabo las propuestas en función de las bases teóricas.

3.7. Aspectos éticos

Se siguieron los aspectos éticos detallados para ingeniería, donde se destacó que las acciones y metodologías deben promover la participación activa de los investigadores, que potencien el razonamiento crítico y el encuentro con problemáticas de tipo complejo e incierto, que aún no tienen soluciones válidas (Rubio & Fuster, 2021, p.42).

Con base a lo descrito se tomó en cuenta los principios como la Honestidad que es necesario ser implementado en una investigación, ya que hace que se mantenga su veracidad con base a toda la información que se obtenga, proporcionando datos basados en la realidad y manteniendo en secreto, la exposición de los participantes en la investigación.

Del mismo modo, se tuvo en cuenta la no maleficencia que se enfoca en el respeto

de la integridad, en este caso se respetó la integridad de las autoridades e investigadores que participarán en esta investigación; así mismo, se tuvo en cuenta el principio de autonomía que tiene que ver con la libertad de elección enfocándose en la toma de decisiones que pueden llegar a ser subjetivas, siendo esto dependiente de cada investigador, es así que ninguno de los investigadores interferirán sobre el otro en su toma de decisiones, manejándose los datos de manera objetiva.

Otros principios éticos que se tomaron en cuenta son; la justicia, que tiene que ver con los actos morales de cada investigador para obrar y juzgar sus análisis; respetando la verdad, la confidencialidad, que tiene que ver con la recolección y uso de información, los cuales serán usados solo con fines investigativos; el manejo de riesgos, es decir para el desarrollo de este estudio no es necesario provocar perjuicios en participantes o estructuras con fines académicos y la privacidad, que va de la mano con la confidencialidad. Todo esto se puede visualizar en él (anexo n°1) declaratoria de autenticidad de los autores.

IV. RESULTADOS

Objetivo 1: Determinar el estudio de tráfico para la propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022

Tabla 5. Evaluación de índice de servicio

Vía	Número de carriles del grupo	Volumen máximo	Vol. Max/Carril	Velocidad	Índice de servicio
Av. Confraternidad Internacional Oeste NS	2	982	327	27.25	0.35
Av. Confraternidad Internacional Oeste SN	2	854	285	28.19	0.31

Fuente. Elaboración propia.

Se evaluó a la vía Avenida Confraternidad Internacional Oeste de Norte a sur, donde se encontró que el número de carriles del grupo evaluado es de 2, el volumen máximo de 982 vehículos por hora de norte a sur, y 854 vehículos por hora de sur a norte; del mismo modo, considerando el volumen máximo por carril fue de 327 vehículos por carril y 285 vehículos por carril; además, la velocidad máxima es de 27.25 km/h de norte a sur y de sur a norte de 28.19 km/h e índice de servicio en las mismas direcciones de 0.35 y 0.31.

Tabla 6. Flujo máximo de vía, capacidad ideal por carril, ancho de calzada, % de vehículos pesados del grupo y de pendiente de acceso.

Parámetro	Sentido SN	Sentido NS
Flujo máximo de la vía ($q_{m\acute{a}x}$)	235 veh/hora	237 veh/hora
Capacidad ideal por carril (C_0)	900 veh/hora	901 veh/hora
Ancho de calzada (A)	4.31 m	4.31 m
% de vehículos pesados del grupo (%HV)	11.18	11.73
% de pendiente de acceso (%G)	4.81	-4.81

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se tomó en cuenta el flujo máximo de la vía donde se encontró de sur a norte 235 veh/hora y en sentido contrario 237 veh/hora; del mismo modo se calculó la capacidad ideal por carril (C_o) de 900 veh/hora de SN y de 901 veh/hora de NS. También, se tomó en cuenta que el ancho de la calzada es de 4.31 m y el % de vehículos pesados del grupo es de 11.18 de SN y de NS de 11.73; del mismo modo, se tomó en cuenta que la pendiente de acceso es de 4.81% de SN y de -4.81% de NS.

Tabla 7. Cálculo de factores y de capacidades de la vía.

Factores y capacidades	Cálculo de factores y de la capacidad	
Factor por ancho de carril (fw)	1.08	1.08
Factor de vehículos pesados (fHV)	0.90	0.90
Factor pendiente (fg)	0.98	1.02
Factor de estacionamiento (fp)	1.00	1.00
Factor tipo de área (fa)	1.00	1.00
Capacidad teórica por carril (Ct/carril)	464 Veh/h/carril	465 Veh/h/carril
Capacidad teórica (Ct)	464 Veh/h	464 Veh/h
Capacidad ideal (Cideal)	900 Veh/h	900 Veh/h
Capacidad Calculada (C)	857 Veh/h	858 Veh/h

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, se tomaron en cuenta los factores y la capacidad de las vías donde se encontró que el factor por ancho de carril (fw) fue de 1.08 en ambas direcciones, además el factor de vehículos pesados (fHV) fue de 0.90 y el factor pendiente (fg) de 0.98 de SN y de 1.02 de NS; además el factor de estacionamiento y el factor tipo de área en ambas direcciones fue de 1.00; del mismo modo, la capacidad teórica por carril (Ct/carril) en dirección SN es de 464 veh/h/carril y en dirección NS es de 465 veh/h/carril, la capacidad teórica en ambas direcciones es de 464 Veh/h y la capacidad ideal de 900 Veh/h y la capacidad calculada (C) es de 857 Veh/h y 858 Veh/h.

Tabla 8. Cálculo de ejes equivalentes del pavimento rígido

TIPO DE PAVIMENTO	AÑO BASE	PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS (n)	No TROCHAS EN LA DIRECCION DE DISEÑO	% DE TRÁNSITO EN LA DIRECCIÓN DE DISEÑO (DD)	% DE TRÁNSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO (LD)	ESALs PARA PERIODO DE DISEÑO
RIGIDO	2022	20	2	100.00%	70.00%	57,96 millones de EE
CLASE DE VEHICULO	TPDA para n años	DD	LD	FACTOR DE CAMION	FC (ESALs)	ESALS/VEHÍC.
1	1091670	100	70	0.000558481		155,772.55
2	87443	100	70	0.003411148		76,210.38
3	0	100	70	0.003411148		0.00
4	145738	100	70	0.049347952		1,837,517.12
5	0	100	70	3.466730765		0.00
6	0	100	70	4.104893001		0.00
7	530	100	70	3.981194457		539,067.26
8	0	100	70	4.870132122		0.00
9	0	100	70	4.622488602		0.00
10	0	100	70	8.457429523		0.00
11	95	100	70	11.92102838		289,913.23
12	0	100	70	0.049347952		0.00

Fuente. Elaboración propia.

Para tomar en cuenta el ESALs o ejes equivalentes se tomaron en cuenta 12 clases de vehículos, de acuerdo al ministerio de transportes y comunicaciones, donde se determinó que el ESAL para el periodo de diseño de 20 años fue de 57,96 millones de EE.

Tabla 9. Estudio de tráfico para la avenida confraternidad internacional oeste

Estudio de tráfico			
Serviciabilidad	Desviación estándar sobre el espesor de la losa	Ejes equivalentes	Confiabilidad
Pi = 4.30 (índice de servicialidad inicial) Pf=2.50(Índice de servicialidad final)	0.35	2 898 480.54	85.00%

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se tomó en cuenta la servicialidad inicial y final donde se encontró para la avenida 4.30 y 2.50 respectivamente, además se halló una desviación estándar sobre el espesor de la losa de 0.35 y los ejes equivalentes fueron iguales a 2 898 480.54, con una confiabilidad de 85.00%.

Objetivo 2: Describir el estudio de suelos para el diseño de pavimento rígido de la avenida usando la metodología AASHTO 93

Tabla 10. Estudio de suelos.

Estudio de suelos	
Coeficiente de transferencia de cargas	Coeficiente de drenaje
3.80	1.00

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se tomó en cuenta el estudio de suelos, donde se encontró que el coeficiente de transferencia de cargas fue de 3.80 y el coeficiente de drenaje fue de 1.00

Tabla 11. Estudio de suelos y clasificación de suelos.

Estudio de suelos	
Clasificación de suelos	Categoría sub rasante
Suelos del tipo fluvial. Conformado por gravas de canto rodado con matriz de suelo arenoso con ligero % de limo.	15.00% Buena

Fuente. Elaboración propia.

Así mismo, tomando en cuenta la clasificación de suelos de acuerdo al estudio, el tipo de suelo es de tipo fluvial; es decir, está conformado por grava y canto rodado; donde la matriz de los suelos es arenoso con ligero porcentaje de limo; además la categoría subrasante es 15% buena.

Objetivo 3: Determinar el espesor del pavimento rígido a partir del diseño realizado mediante la metodología AASHTO 93

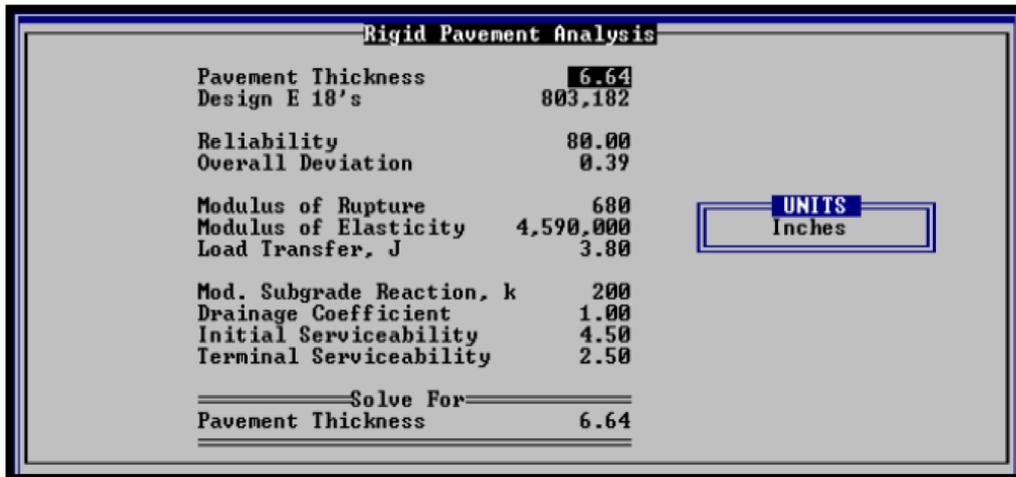


Figura 4. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa PAS 5.

Fuente. Elaboración propia.

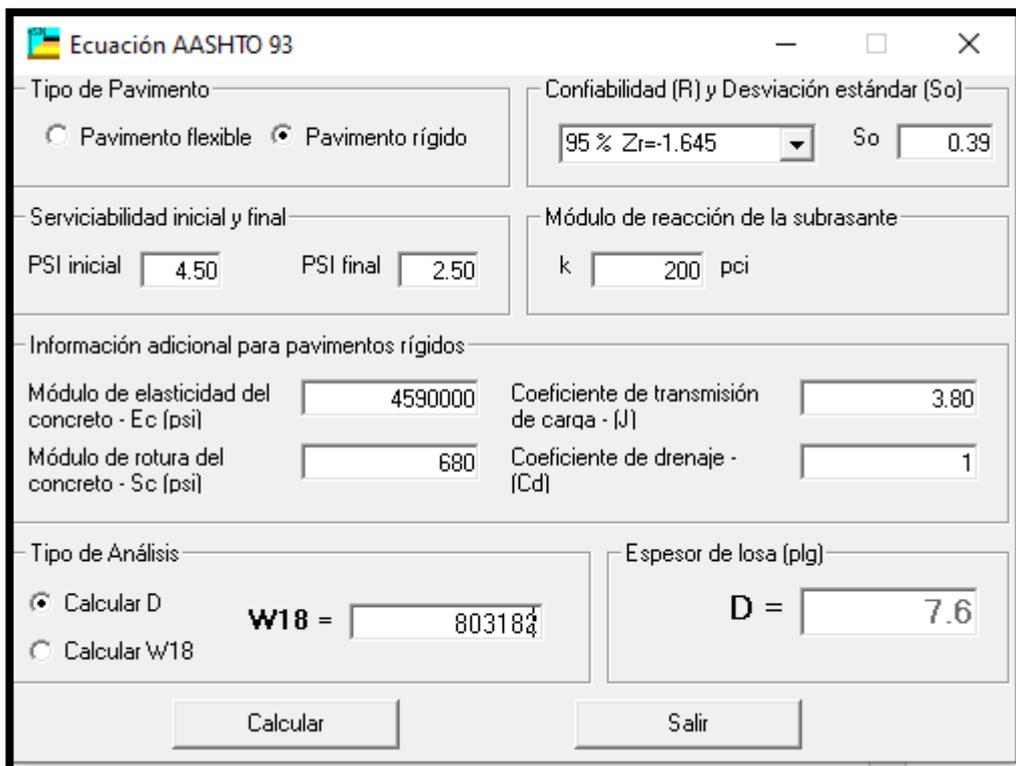


Figura 5. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa AASHTO 93

Fuente. Elaboración propia.

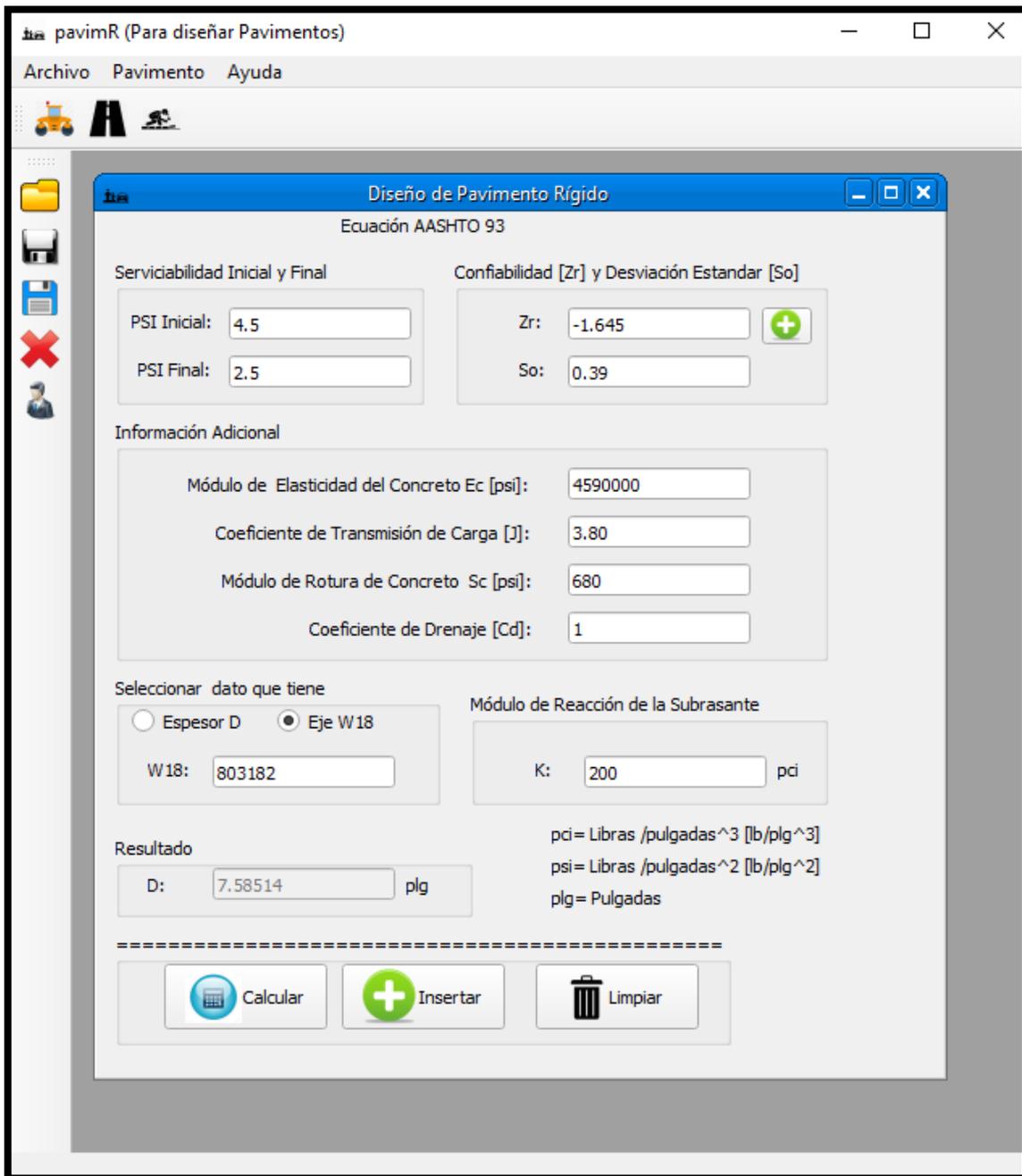


Figura 6. Análisis de pavimento rígido 1 mediante el programa pavimR.

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al modelamiento realizado con el programa PAS 5, el espesor encontrado fue de 6.64 pulgadas o 16.86 cm, por medio del programa AASHTO 93 se encontró un espesor de 7.6 pulgadas o 19.304 cm y por medio del programa pavimR se encontró 7.58 pulgadas o 19.25 cm; estos cálculos se hallaron para un W18 de 803182 ESALs.

Rigid Pavement Analysis	
Pavement Thickness	8.71
Design E 18's	2,719,188
Reliability	85.00
Overall Deviation	0.39
Modulus of Rupture	680
Modulus of Elasticity	4,590,000
Load Transfer, J	3.80
UNITS Inches	
Mod. Subgrade Reaction, k	132
Drainage Coefficient	1.00
Initial Serviceability	4.50
Terminal Serviceability	2.50
===== <u>Solve For</u> =====	
Pavement Thickness	8.71

Figura 7. Análisis de pavimento rígido 2 por medio del programa PAS 5.

Fuente. Elaboración propia.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 95 % Zr=-1.645 So 0.39

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.50 PSI final 2.50

Módulo de reacción de la subrasante
 k 132 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) 4590000 Coeficiente de transmisión de carga - (J) 3.80
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) 680 Coeficiente de drenaje - (Cd) 1

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 = 2719188**
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)
D = 9.6

Calcular Salir

Figura 8. Análisis de pavimento rígido 2 por medio del programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

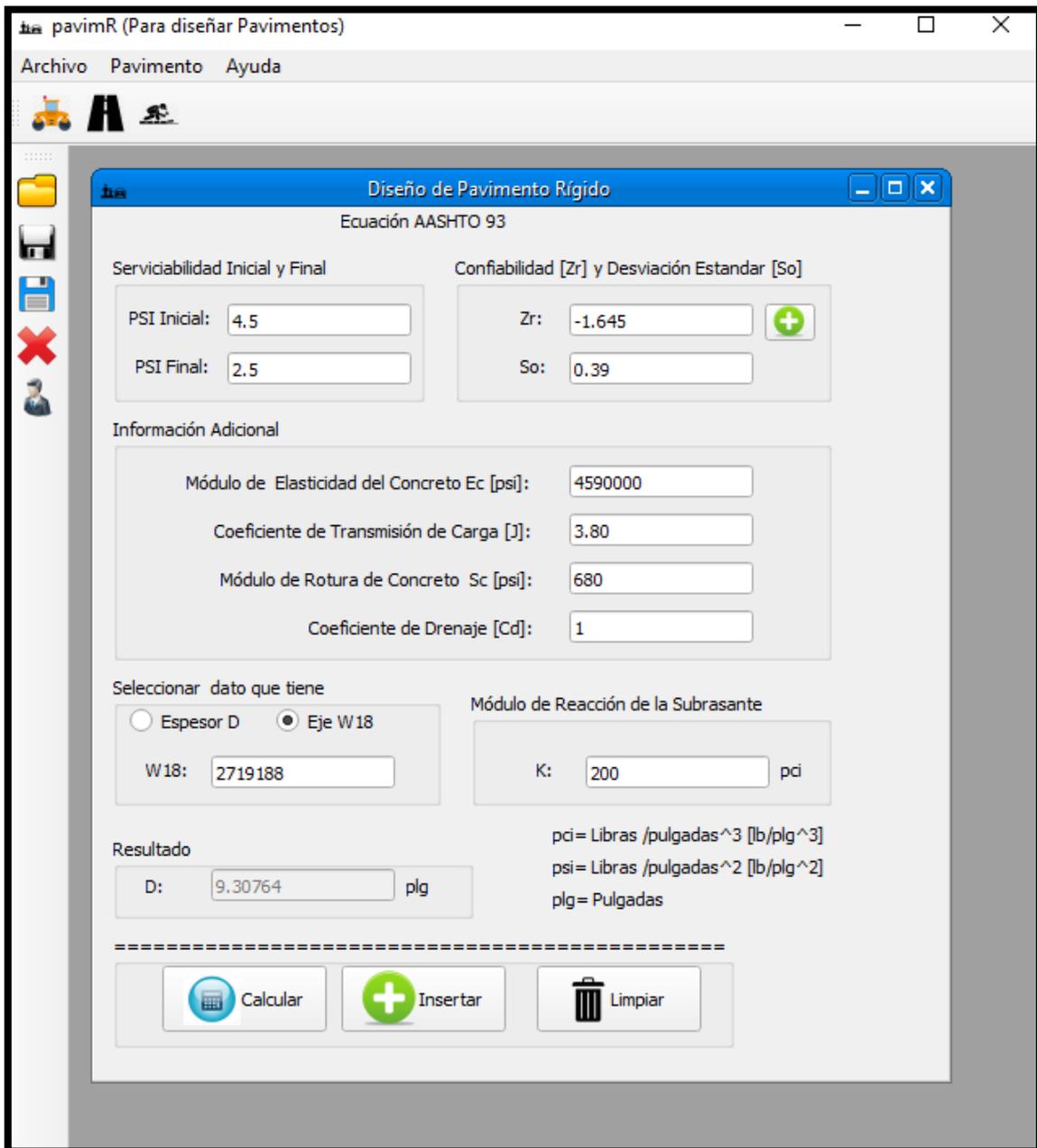


Figura 9. Análisis de pavimento rígido 2 por medio del programa pavimR.

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se encontró un espesor de 8.71 pulgadas o 22.12 centímetros para la base, por medio del programa Pas 5 y en los programas AASHTO 93 y pavimR los espesores fueron de 9.60 pulgadas o 24.76 cm y 9.30 pulgadas o 23.994 cm respectivamente.

Rigid Pavement Analysis	
Pavement Thickness	6.06
Design E 18's	690,261
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.39
Modulus of Rupture	680
Modulus of Elasticity	4,590,000
Load Transfer, J	3.80
Mod. Subgrade Reaction, k	337
Drainage Coefficient	1.00
Initial Serviceability	4.50
Terminal Serviceability	2.50
Solve For	
Pavement Thickness	6.06

UNITS
Inches

Figura 10. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa Pas 5.

Fuente. Elaboración propia.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 95 % $Z_r = -1.645$ So 0.39

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.50 PSI final 2.50

Módulo de reacción de la subrasante
 k 132 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) 4590000 Coeficiente de transmisión de carga - (J) 3.80
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) 680 Coeficiente de drenaje - (Cd) 1

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =** 690261 **D =** 7.7
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)

Calcular Salir

Figura 11. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

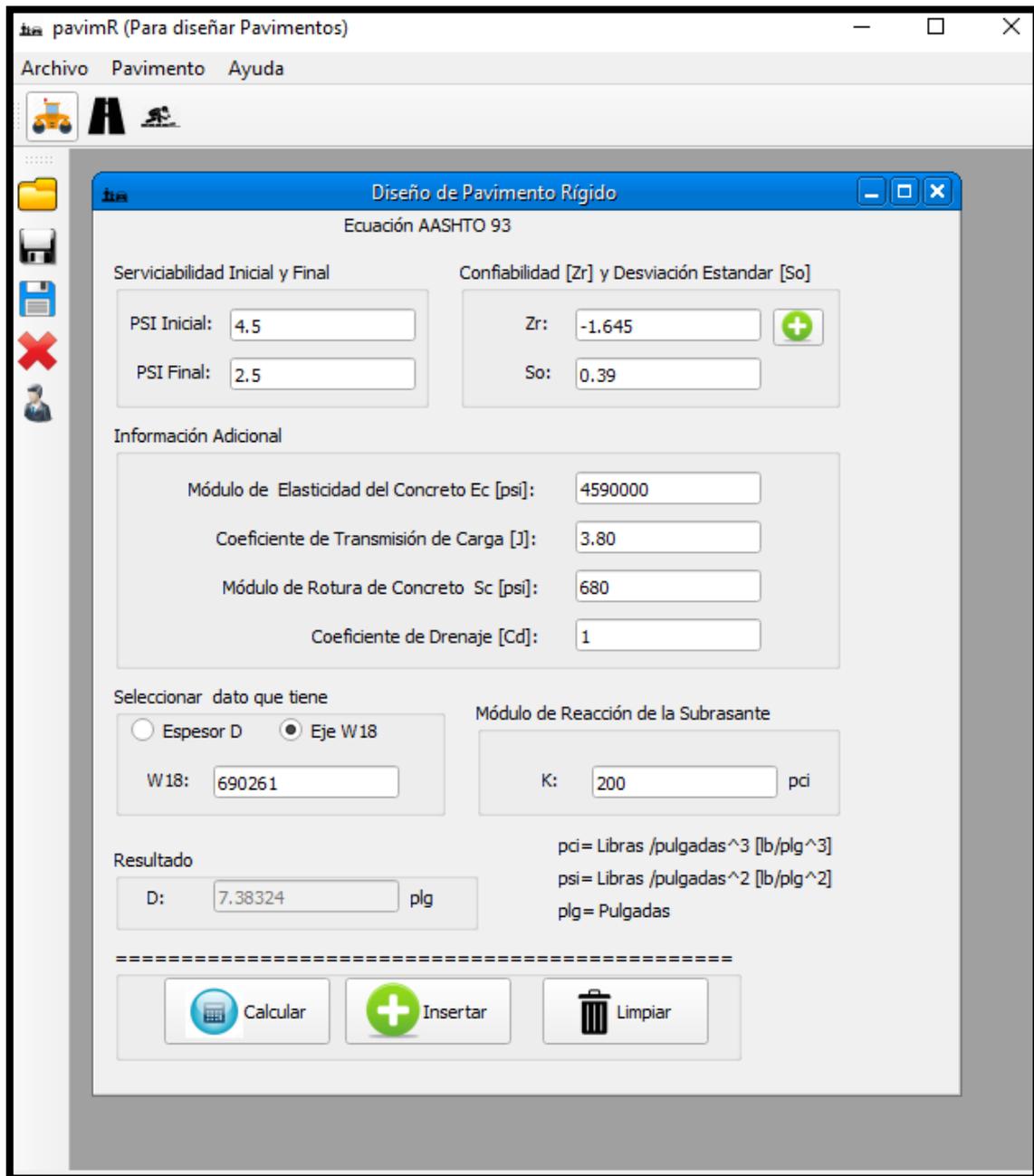


Figura 12. Análisis de pavimento rígido 3 mediante el programa pavimR.

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se encontró en el programa Pas 5, para un W18 de 690261, un espesor de 6.06 pulgadas o 15.39 cm, en el programa AASHTO 93 se encontró, 7.7 pulgadas o 19.86 cm y en el programa pavimR se calculó 7.38 pulgadas o 19.04 cm.

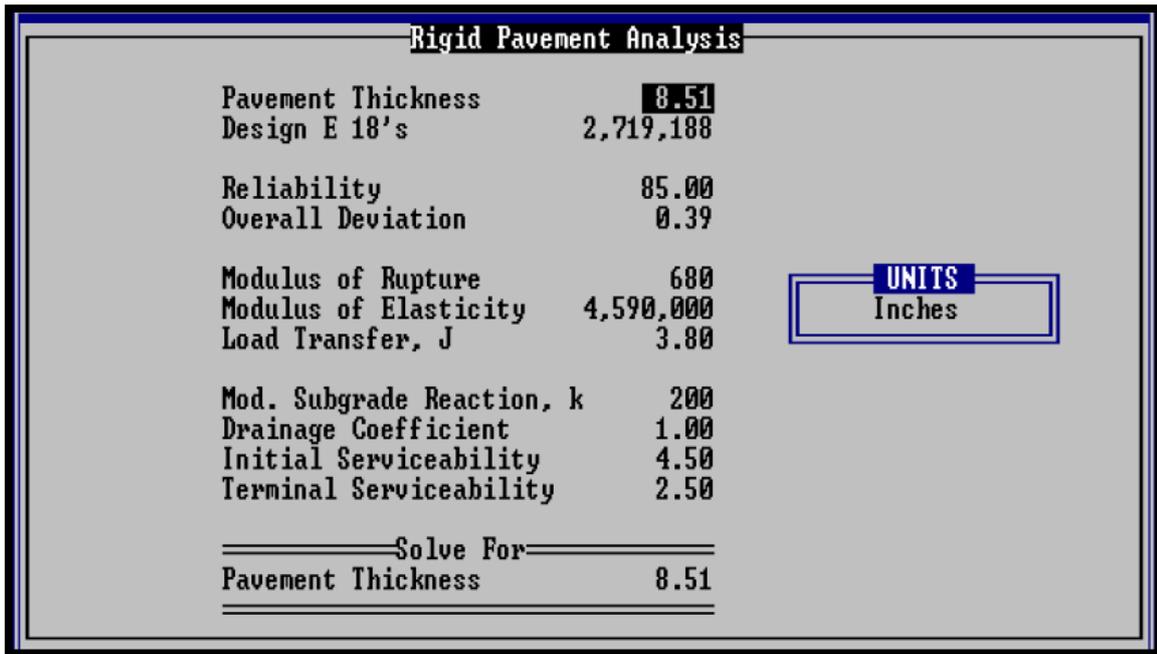


Figura 13. Análisis de pavimento rígido 4 con el programa Pas 5.

Fuente. Elaboración propia.

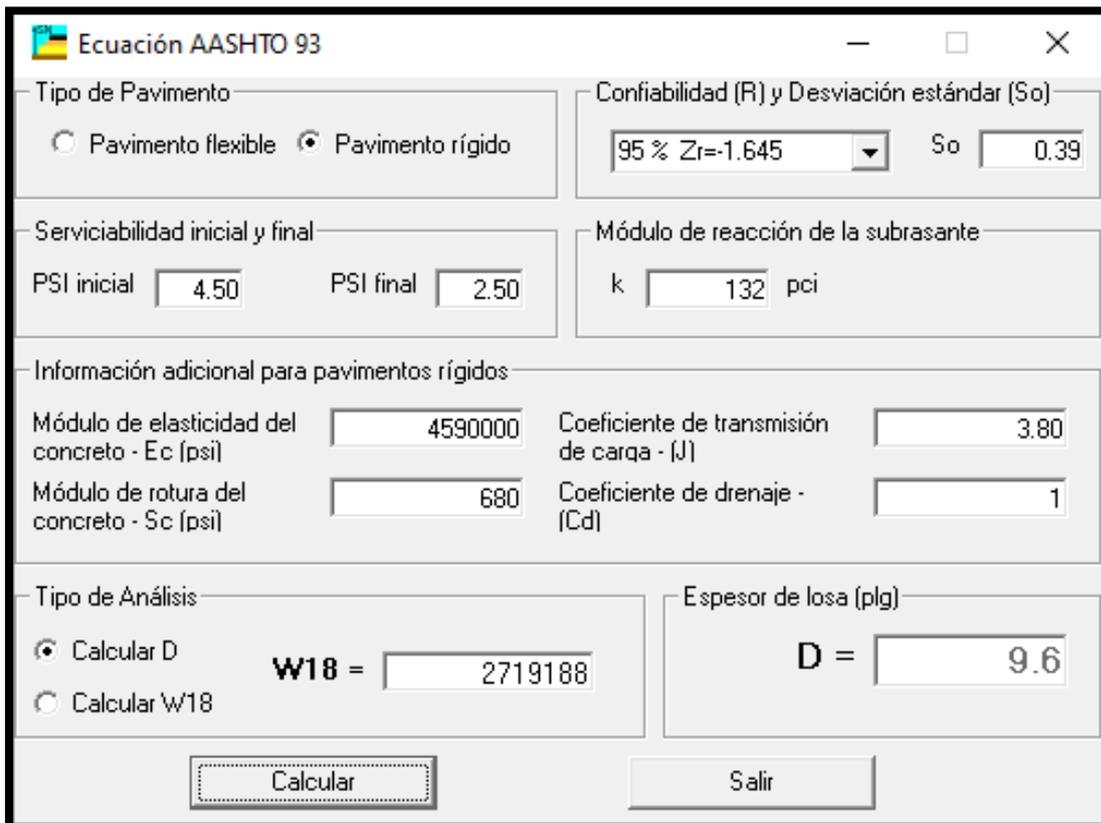


Figura 14. Análisis de pavimento rígido 4 con el programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

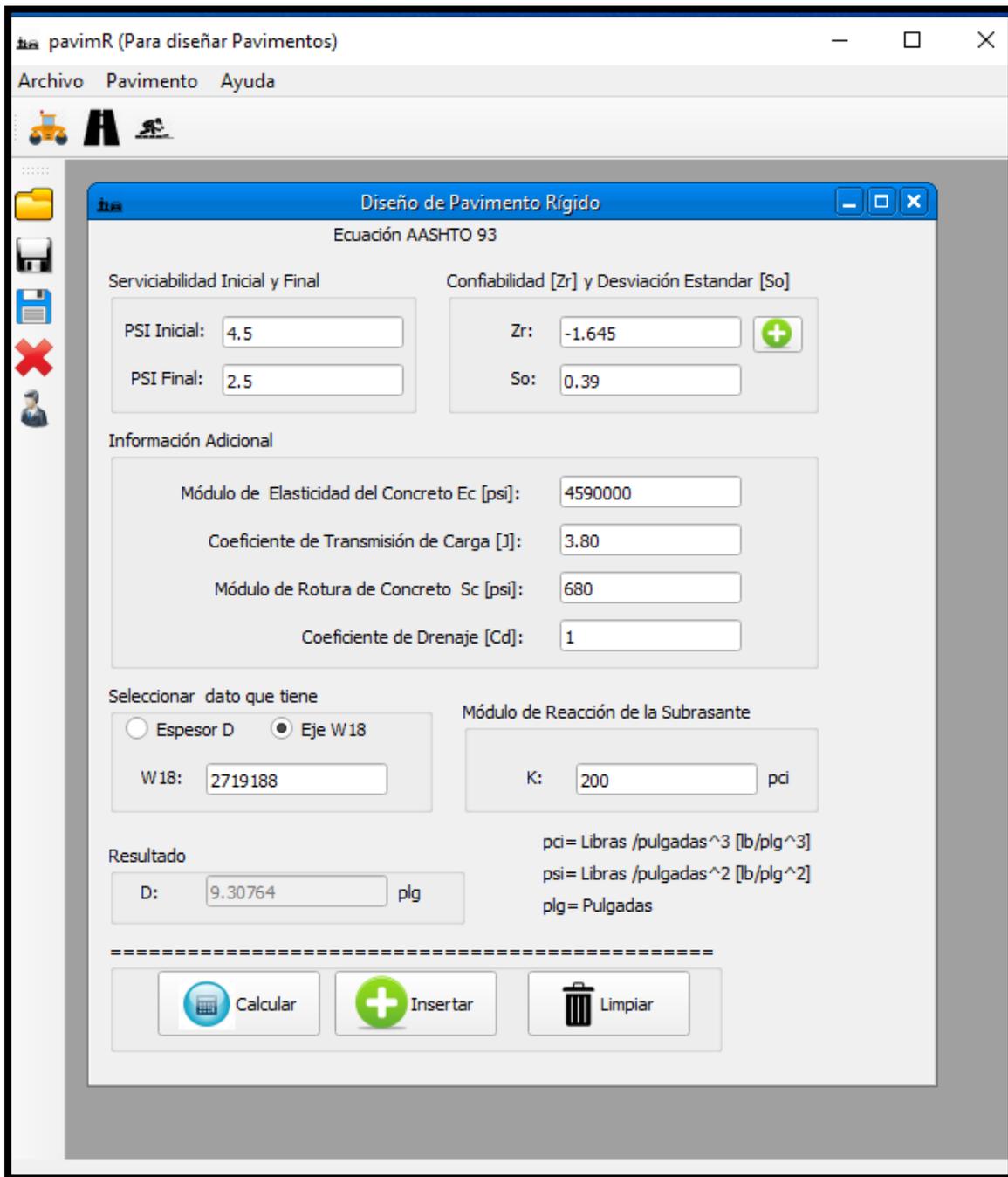


Figura 15. Análisis de pavimento rígido 4 con el programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

También se encontró para un cuarto diseño un espesor es de 8.51 pulgadas o 21.61 cm por medio del programa PAS5, con el programa AASHTO 93 se obtuvo 9.6 pulgadas o 24.768 y con el programa pavimR se diseñó un pavimento de 9.30 pulgadas o 23.99 cm.

Rigid Pavement Analysis	
Pavement Thickness	6.68
Design E 18's	690,261
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.39
Modulus of Rupture	680
Modulus of Elasticity	4,590,000
Load Transfer, J	3.80
	UNITS Inches
Mod. Subgrade Reaction, k	132
Drainage Coefficient	1.00
Initial Serviceability	4.50
Terminal Serviceability	2.50
=====Solve For=====	
Pavement Thickness	6.68

Figura 16. Análisis de pavimento rígido 5 con el programa Pas 5.

Fuente. Elaboración propia.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 95 % $Z_r = -1.645$ So 0.39

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.50 PSI final 2.50

Módulo de reacción de la subrasante
 k 132 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) 4590000 Coeficiente de transmisión de carga - (J) 3.80
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) 680 Coeficiente de drenaje - (Cd) 1

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =** 690261 **D =** 7.7
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)

Calcular Salir

Figura 17. Análisis de pavimento rígido 5 con el programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

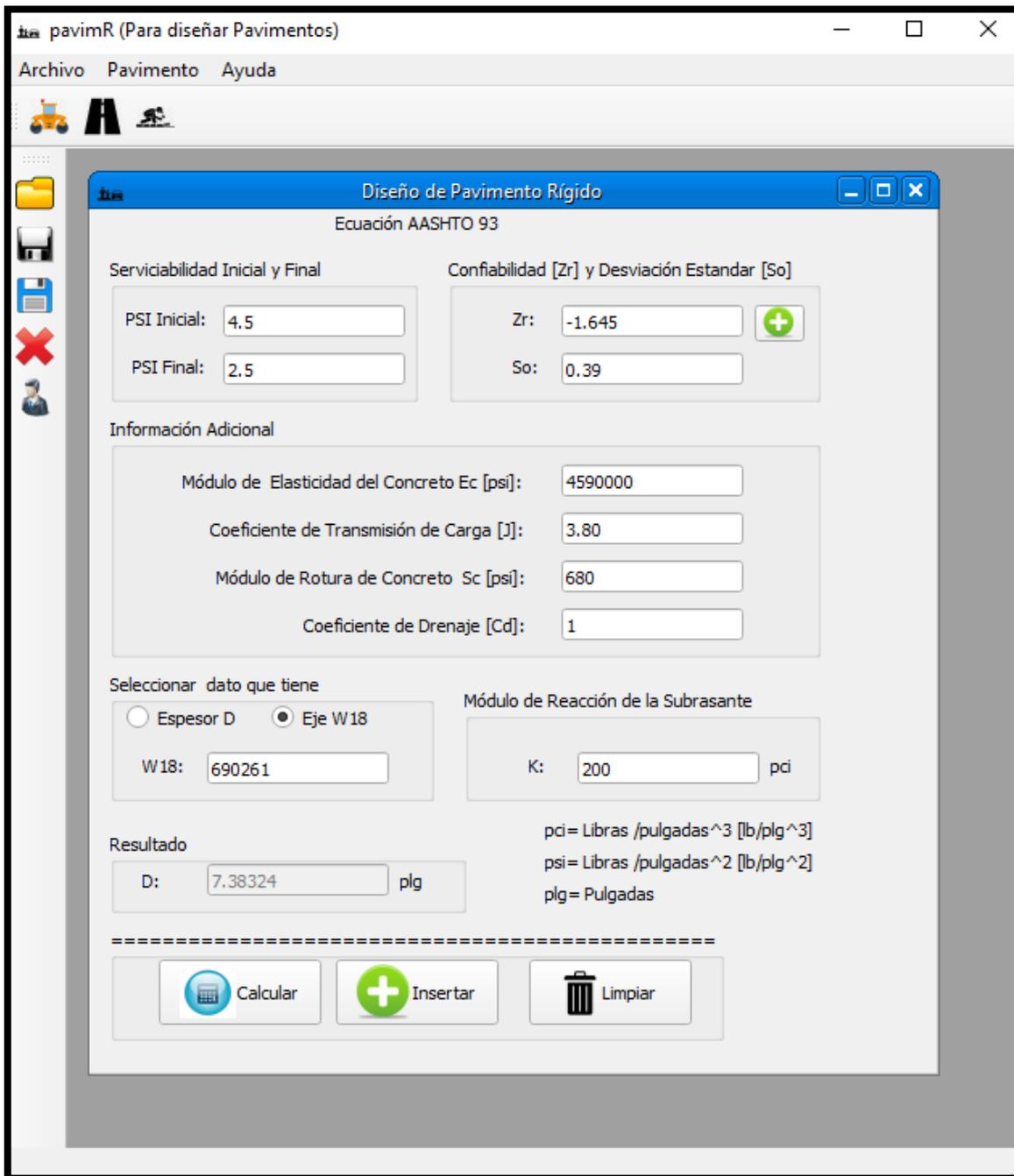


Figura 18. Análisis de pavimento rígido 5 con el programa pavimR.

Fuente. Elaboración propia.

Otros espesores encontrados, mediante el programa Pas 5 fueron de 6.68 pulgadas o 16.97 cm. Por medio del programa AASHTO 93 fue de 7.7 pulgadas o 19.86 cm y por medio del programa pavimR se diseñó un espesor de 7.38 pulgadas o 19.04 cm.

Rigid Pavement Analysis	
Pavement Thickness	6.45
Design E 18's	690,261
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.39
Modulus of Rupture	680
Modulus of Elasticity	4,590,000
Load Transfer, J	3.80
Mod. Subgrade Reaction, k	200
Drainage Coefficient	1.00
Initial Serviceability	4.50
Terminal Serviceability	2.50
Solve For	
Pavement Thickness	6.45

UNITS
Inches

Figura 19. Análisis de pavimento rígido 6 con el programa Pas 5.

Fuente. Elaboración propia.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 95 % $Z_r = -1.645$ So: 0.39

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.50 PSI final: 2.50

Módulo de reacción de la subrasante: k: 132 pci

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): 4590000 Coeficiente de transmisión de carga - (J): 3.80

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): 680 Coeficiente de drenaje - (Cd): 1

Tipo de Análisis: Calcular D $W18 = 690261$ Calcular W18

Espesor de losa (plg): D = 7.7

Figura 20. Análisis de pavimento rígido 6 con el programa AASHTO 93.

Fuente. Elaboración propia.

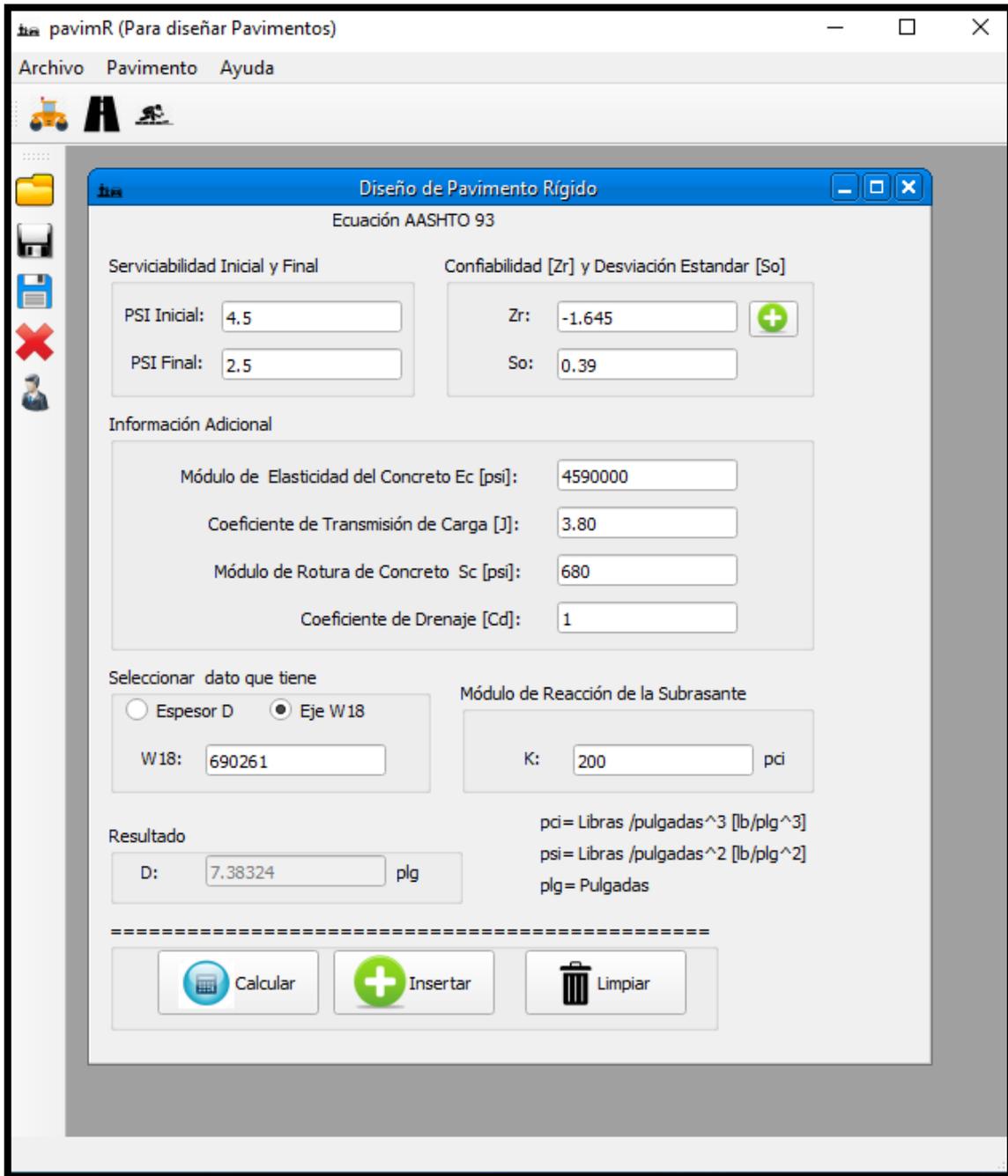


Figura 21. Análisis de pavimento rígido 6 con el programa Pavim R

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, se encontró para un diseño mediante el programa Pas 5, un espesor de 6.45 pulgadas o 16.38 cm, para el programa AASHTO 93 un espesor de 7.7 pulgadas o 19.86 cm y para el programa pavimR un espesor de 7.38 pulgadas o 19.04 cm.

Objetivo 4: Analizar la sensibilidad de los parámetros AASHTO 93 para la propuesta de mejoramiento de pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.

Al analizar la sensibilidad de los parámetros, se encontró que el espesor descrito encontrado tiene proporción inversa con la servicialidad inicial; es así que se corresponde un espesor de 22.80 cm con 3 de servicialidad; y una servicialidad de 4.40 para un espesor de 18.40 cm. Del mismo modo, se encontró una servicialidad final directamente proporcional al espesor; donde se encontró para un espesor de 17.4 cm una servicialidad de 1.5 Pt y para un espesor de 19.3 una servicialidad de 3 Pt. En cuanto al módulo de rotura del hormigón vs el espesor, se encontró que el módulo máximo fue de 5 MPa para un espesor de 17.90 cm y de 3.4 MPa para un espesor de 22.5 cm. Cuando se enfrentó el módulo de elasticidad del hormigón vs el espesor se encontró que para 18.16 cm el módulo de elasticidad es de 21456 MPa, mientras que para 18.47 cm de espesor el módulo de elasticidad es superior a 27345.6 Mpa

En cuanto al coeficiente de drenaje, a menor espesor el coeficiente de drenaje es menor; para 16.00 cm de espesor se encontró 1.25 de Cd; mientras que para un espesor de 22.60 cm el coeficiente de drenaje es de 0.7 Cd. Al analizar el Coeficiente de transferencia de cargas evaluado, se encontró que mientras mayor es el espesor, este coeficiente es mayor; es así que para 16.20 cm de espesor se encontró 2.3 J de coeficiente de transferencia de cargas; mientras que para 23.20 cm; se encontró un coeficiente de 4.19 J.

En cuanto al módulo efectivo de reacción de la subrasante, se encontró que para un espesor de 18.50 cm este módulo tiene un valor de 24.23 kPa/mm; mientras que para un espesor de 15.50 cm el valor es de 131.88 kPa/mm. Al analizar la confiabilidad vs el espesor; para espesores de 18.40 cm; la confiabilidad es de 79.40, mientras que para espesores superiores a los 22.00 cm la confiabilidad es superior al 95% por lo que debe de considerarse estos espesores para el diseño de pavimento rígido.

En función a la desviación estándar, al confrontarse con el espesor se encontró que para un espesor de 18.38 cm el espesor, la desviación fue de 0.38 y para un espesor de 18.47 la desviación fue de 0.39. Al analizar el número de ejes equivalentes ESALs confrontados con el espesor, se encontró que para ejes superiores a 2750000, los espesores deben de ser superiores a los 17.80 cm; mientras que para los que superan los 4100000, los espesores deben de ser superiores a los 19.00 cm.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 95 % Zr=-1.645 So 0.39

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo de reacción de la subrasante
 k 35.14 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) 3206842.396 Coeficiente de transmisión de carga - (J) 2.93
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) 701.9827 Coeficiente de drenaje - (Cd) 0.98

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 = 2719188**
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)
D = 8.8

Calcular Salir

Figura 22. Análisis de espesor de la losa mediante el programa Ecuación AASHTO93

Fuente. Elaboración propia.

Para el diseño de pavimento mediante programas opcionales se tomó el programa AASHTO 93, donde se pudo encontrar que el espesor de la losa fue de 8.8 pulgadas para un PSI inicial de 4.2 y un PSI final de 2.5. Además, el W18 o cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado fue de, 2719188.

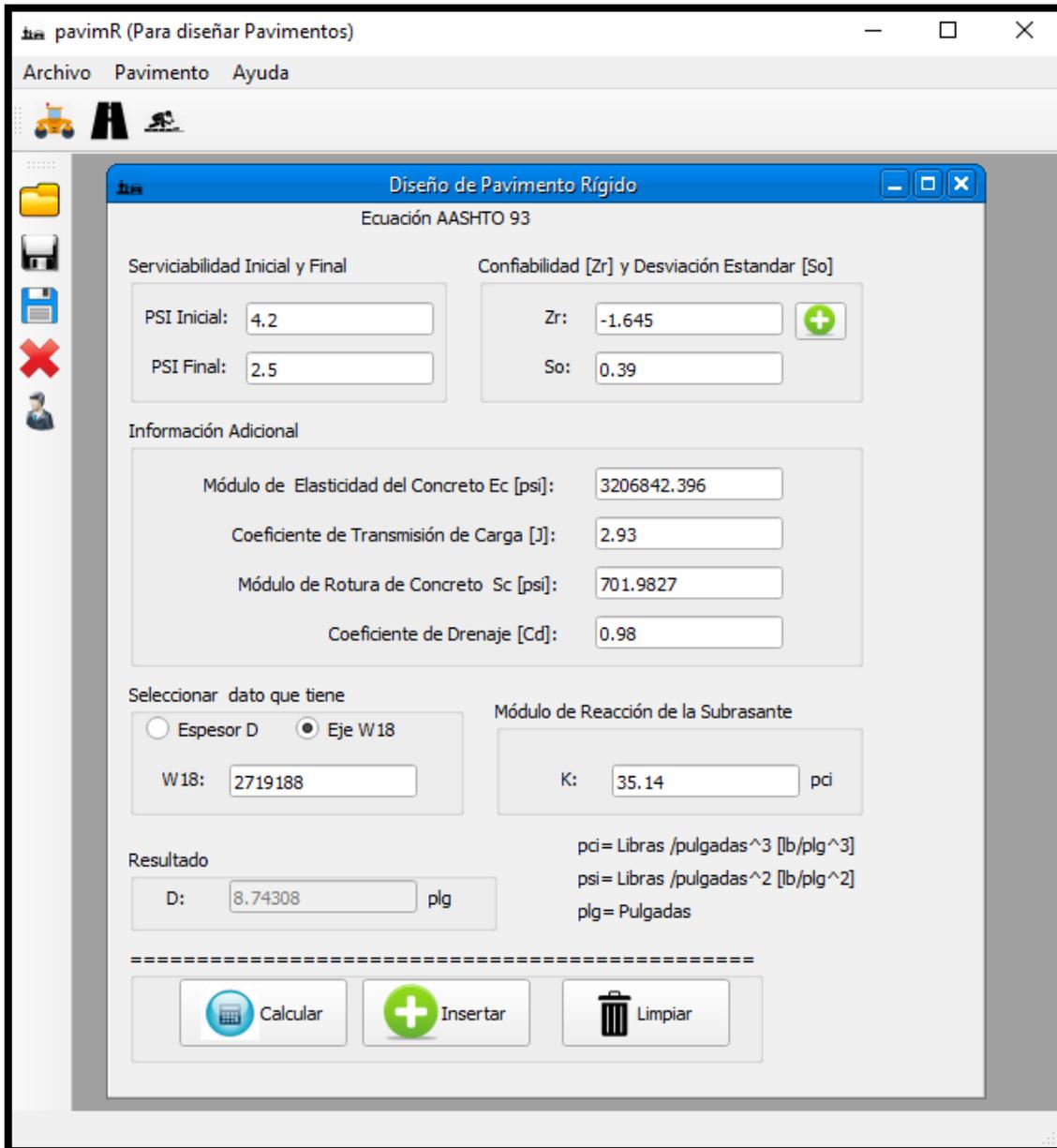


Figura 23. Análisis de espesor de la losa mediante el programa pavimR

Fuente. Elaboración propia.

Del mismo modo, se realizó el diseño de pavimento por medio del programa pavimR, donde se encontró un espesor de losa igual a 8.74308 pulgadas; para los mismos parámetros.

Objetivo general: Realizar la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.

Tabla 12. Diferencia de espesores entre los programas PAS 5, AASHTO 93 y pavimR

	PAS 5	AASHTO 93	pavimR
1	16.86	19.30	19.25
2	21.12	24.76	23.99
3	15.39	19.86	19.04
4	21.61	24.77	23.99
5	16.97	19.86	19.04
6	16.38	19.86	19.04
7	17.19	20.70	19.63
8	16.95	19.45	19.32
9	16.70	19.20	19.00
10	17.25	19.75	18.69
11	18.32	20.82	19.90
12	16.98	19.48	18.56
13	17.21	19.71	18.79
14	18.46	20.96	20.04
15	16.96	19.46	18.54
16	16.85	19.35	18.43
17	18.44	20.94	20.02
18	19.24	21.74	20.82
19	17.82	20.32	19.40
20	17.34	19.84	18.92
21	19.21	21.71	20.79
22	18.12	20.62	19.70
SUMA	391.37	452.46	434.90
PROMEDIO	17.79	20.57	19.77

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se compararon los diseños para los 22 tramos, donde se encontró que los diseños mediante el programa PAS 5 tienen dos centímetros menos aproximadamente y el programa pavimR tiene 0.5 centímetros menos, a diferencia del AASHTO 93; los promedios establecidos para los 22 tramos fueron de 17.79 cm mediante el programa PAS5, por medio del programa AASHTO 93 de 20.57 cm y con el programa pavimR de 19.77 cm.

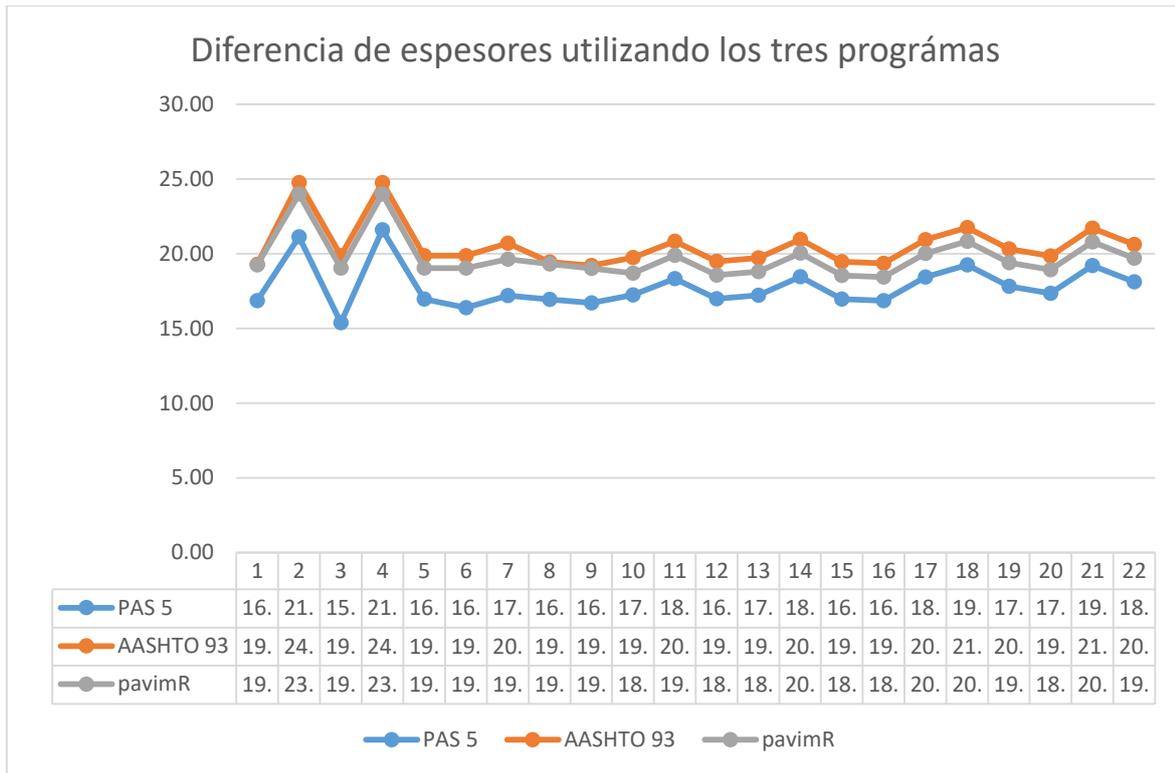


Gráfico 1. Diferencia de espesores utilizando los tres programas.

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al gráfico, se pudo observar que todos los datos se comportan de forma similar, esto se debe a que si bien se utilizaron diferentes programas, todos siguen la metodología AASHTO 93.

En función de los resultados de diseño, se llevó a cabo la propuesta de mejoramiento, si bien los patrones son similares desde el tramo 5 hasta esta el tramo 22, donde se puede manejar un solo espesor; se tiene que tener cuidado en los tramos 1, 2, 3 y 4; donde es necesario agregar en estos un trabazón de agregados; ya que este servirá como engranaje mecánico, mejorando la transferencia de cargas, suministrando resistencia marginal.

Siguiendo el valor de los ESALs, se debe de tener en cuenta el diseño JPCP, es decir se deben de incluir juntas transversales y longitudinales; esto con el fin de aliviar esfuerzos que ocurren cuando se contrae la losa, puesto que el espesor del pavimento es homogéneo desde el tramo 5 el cual es de 19.37 cm, se sugiere que

estas juntas tengan una profundidad de 4.84 cm aproximadamente o el espesor entre 4; sin embargo, para los tramos inferiores al 5; ya que el espesor será variable, es necesario estabilizar las subbases por medio de asfalto, del mismo modo, es recomendable una profundidad de 1/3 del espesor; sugiriendo para el tramo 1 y 3 un espesor de 18 cm, la profundidad de estas juntas transversales deben de ser de 6 cm, y para el tramo 2 y 4 considerando un espesor de 22 cm, la profundidad será de 7.33 cm. En cuanto al espaciamiento de juntas, se recomiendan a una distancia de 4.00 m; todo esto será útil para controlar las contracciones de gradiente térmico.

También se recomiendan Dowells o pasadores; las cuales permitirán que se transmitan las cargas entre losas. Para los casos de los buzones con el fin de que estos no colapsen, se deberá de reforzar el pavimento con fierros de $\varnothing=5/8$ " en los niveles superiores e inferiores; respetando juntas de aislamiento con espesores de 24.00 mm.

Se recomienda también que la inclusión de Bermas centrales, siguiendo el patrón de diseño de la avenida confraternidad; estas serán diseñadas respetando las juntas de aislamiento de 30.00 mm, diseñándose a alturas de 1.00 m, y plantándose diferentes tipos de plantas con el fin de complementar el diseño natural con el diseño de la vía. Todas estas recomendaciones son para un periodo de 20 años, en función del modelamiento realizado por medio de los programas, tomando en cuenta una tasa de crecimiento anual del 4.00% de PBI para la provincia de Huaraz y el distrito de independencia, para un tipo de tráfico 6 o Tp6 de acuerdo a los reportes encontrados.

V. DISCUSION

Esta investigación se discute a partir del estudio antecedente de Nova (2017) que encuentra que ante condiciones vulnerables de la losa del concreto y del pavimento, es necesario considerar diversos factores entre los cuales se toma en cuenta el número de carriles; en este estudio se tomó en cuenta que el número de carriles fue de 2, del mismo modo se tomó en cuenta que el número máximo de vehículos fue de 982 vehículos por hora de norte a sur y 854 vehículos por hora de sur a norte, es necesario recalcar que a diferencia de este autor, este estudio también plantea el índice de servicio donde se encontró para el presente 0.35 y 0.31; además también se describe un ancho de calzada de 4.31 m y la pendiente de acceso de 4.81%, esta pendiente se puede apreciar mejor en el tramo 10 que va desde la avenida Raimondi hasta la avenida Bolognesi.

Del mismo modo, se concuerda con el estudio antecedente de Şengün, Ozturk & Yaman, (2020), estos toman en consideración, el espesor de la losa para lapsos de 20 a 30 años, donde a medida que aumentan los niveles de confiabilidad los valores se acercan más al espesor adecuado; del mismo modo menciona que es necesario que cualquier cálculo tome en cuenta la normatividad de cada país, ya que esto hace que los resultados sean más realistas y el deterioro más preciso. Los resultados que se encuentran en este estudio, toman en cuenta los ESALs equivalentes, donde se tomó en consideración 12 clases de vehículos, de acuerdo al ministerio de transportes y comunicaciones, donde se encontró ESALs iguales a 2 898 480.54 por año, lo que a 20 años constituiría 57 millones de EE aproximadamente.

Por otro lado, también es necesario resaltar el estudio antecedente de Rodríguez (2020) que sostiene que esta metodología usa un conjunto de parámetros que se enfocan en la resistencia y los camiones que transitan en la vía. El presente estudio encuentra un coeficiente de transferencia de cargas de 4.3 y un coeficiente de drenaje de 1.5 y un tipo de suelo fluvial; es decir, conformado por grava y canto rodado con matriz arenoso limoso; es decir, un suelo franco con categoría subrasante de 15% buena. Se resalta que todos estos parámetros se rigen a evaluaciones de nuestro contexto, los cuales son importantes a la hora de diseñar cualquier proyecto.

Del mismo modo, se concuerda con Castro, Castro, & Castro, (2020). Que sostienen que el método AASTHO-93 tienen mayor efectividad a comparación de otros métodos para llevar a cabo el diseño de los pavimentos, además la celeridad de vida útil de estos diseños varían en periodos de 20 a 40 años, los cuales necesitan poco mantenimiento.

Por su parte, se concuerda con Jaimes (2020), que encuentra que los pavimentos varían en servicialidad yendo desde cero cuando no existe el pavimento y cinco cuando los pavimentos son perfectos, su estudio reporta variaciones de 3.5 a 4.5, donde los valores de falla estructural varían entre 2 y 3. La servicialidad encontrada en este estudio para la avenida fue de 4.30 y 2.50 respectivamente; es decir, algunas partes del pavimento evaluado se encuentran en buen estado y algunas partes se encuentran con falla de tipo estructural.

Del mismo modo, se concuerda con el estudio de Quimbayo & Useche (2022). Que menciona que plantea un espesor de capa granular de 24 cm, si bien se encuentran variaciones de hasta 10 cm, este estudio encuentra variaciones de 13 cm de espesor a 22.60 cm de espesor, es necesario recalcar que de acuerdo al estudio de tránsitos espesores varían, como los reportados donde para ejes superiores a 2750000, los espesores son superiores a 17.80 cm; mientras que para aquellos que son superiores a 4100000, los espesores serán superiores a 19.00 cm.

Del mismo modo, Pari (2019) en su estudio determina un espesor de aproximadamente 15 cm de losa de concreto y 20 cm de subbase donde determina un tipo de pavimento rígido técnicamente seguro, confortable y económico. Todo lo anterior determinó, que en el presente estudio a través de la confiabilidad al 95% existe un espesor de 22.00 cm y para una confiabilidad de aproximadamente 78% un espesor de 18.40 cm.

Así mismo, se concuerda con el estudio antecedente de Tiznado & Zavaleta (2022), donde encontró espesores de losa que varían entre 17.00 cm y 20.00 cm, con base a una base granular de 15.00 cm. En el presente estudio se encontraron variaciones de 13.00 cm y 22.80 cm; estas variaciones son dependientes de la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado.

De acuerdo con Ticona (2021), este encuentran espesores de losa similares, ya que este encuentra variaciones entre 18.80 y 22.70 cm. Mientras que el presente estudio encuentra un máximo de 22.80 cm, además se evidencian variaciones desde los 13 cm. Es evidente que estas variaciones se dieron porque los ESALs variaron en este estudio desde 0 hasta los 289,913.23 ESALs/Vehículo, esta variación también nos muestra la gran diversidad de vehículos que transitan por el lugar.

También este estudio es concordante con lo encontrado por Balcázar & Luque, (2021), ya que encontró dimensiones de 20 cm, esto hace que las aproximaciones hechas en nuestro trabajo sean correctas; sin embargo, a diferencia de este autor se encontró que los ESALs a 20 años fue de 57,96 millones de EE mientras que el autor encontró 17 millones de EE; estas diferencias se deben a que el autor considero solo un tramo a diferencia del presente estudio que toma 22 tramos.

Por último, concordamos con Maldonado (2021) que encuentra un espesor de 20 cm, concluyendo que la metodología AASHTO 93 es más sencillo y mejora el trabajo de los proyectistas, podemos acotar también que la mayoría de avenidas principales deben de tener un diseño que varía entre 18 cm y 22 cm, ya que estas soportan una gran carga y ejes, además deben de tener una vida útil aceptable.

Si bien se encontraron para los 22 tramos espesores que rondan los 19 cm, lo cual es que se propone; es necesario también tener en cuenta de acuerdo con Brill & Kawa (2017), que es necesario considerar otros factores; como en drenaje o las condiciones ambientales, ya que la variación de estas afectan la durabilidad de la vía; esto es necesario para brindar comodidad adecuada a la población como lo sugiere Canahuri (2021).

En este estudio no se determinó la dimensión de la capa subrasante, puesto que generalmente este es el terreno natural sobre el cual se apoya la estructura determinada para el pavimento Mohod & Kadam (2016); por otro lado, tomando en consideración la base y subbase se constituirá por grava, pues es poca la nivelación que necesita el pavimento en esta vía; de acuerdo con Gautam, Kalla, Jethoo, Agrawal, & Singh (2018), este tipo de vías cuando se han construido ya han sido caracterizadas; es decir, se analizó el comportamiento del suelo de la subrasante y las capas de agregados.

Es necesario aclarar que el espesor de 19.00 cm aproximadamente determinado para esta vía se trata de la capa o losa, siendo este óptimo en la transmisión de tensiones, adecuado en el drenaje; porque de acuerdo con Pereira & País (2017), es necesario recalcar que el modelamiento de capas inferiores generalmente no se realiza señalando a la base y subbase, puesto que generalmente estos sirven para la nivelación del pavimento.

Para el presente estudio se consideró un módulo de elasticidad de, 4590000 psi o libras por pulgada cuadrada, un coeficiente de transmisión de carga de 3.80 J, un módulo de rotura de concreto de 680 psi y un coeficiente de drenaje de 1 Cd. Es decir, se consideró la suficiente resistencia a la flexión para la transmisión de cargas considerando los ESALs correspondientes. Como señalan Busari, Dahunsi, & Akinmusuru (2019), es necesario que los pavimentos rígidos tengan esta resistencia, ya que estos se encargan de transmitir las tensiones de carga de la rueda; además, este tipo de pavimentos se estabilizan sobre la capa de material de tipo granular.

En este estudio, si bien no se toma en consideración la base y subbase; se concuerda con Busari, Dahunsi, & Akinmusuru (2019), que aclaran que si bien solo existe una capa de material entre la subrasante y el hormigón esta capa es la que puede denominarse capa base o subbase, ya que no se hace una distinción adecuada entre las dos, además en los pavimentos rígidos la carga se encuentra distribuida en la losa comportándose el pavimento rígido como una placa de tipo elástico.

Si bien el módulo de elasticidad para el presente estudio fue de, 4590000 psi, esta determina la flexión de la losa que se determina en función de los ejes y los cambios de temperatura, con base a esto se concuerda con el estudio antecedente de Pérez, Mindra, Railean, & Rojí, (2019) estos autores sostienen que estas variaciones se dan por acciones de tracción y flexión, donde por lo general la estructura rígida está constituida por una losa. Del mismo modo, de acuerdo con Pleşcan., et al (2021), esta estructura de cemento-hormigón; excluyendo la base, es la que se conoce como pavimento, debiendo su capacidad estructural a la losa.

Si bien se encontró un espesor para el pavimento que es aproximadamente de 19 cm; este estaría clasificado como pavimento de concreto simple articulado o (JPCP o Jointed plain concrete pavement), de acuerdo a la clasificación de Olcese (2017) y Kumar & Prakash (2020), ya que el espaciado de juntas varía entre 5 a 10 m; este tipo de juntas de contracción son las que soportan la transferencia de cargas por medio de las juntas.

Si bien se tomó en consideración como antecedente las fallas que generalmente se dan en los pavimentos, como los agrietamientos a causa de las fatigas que se dan por los años; también se tuvo en consideración los factores naturales que afectan la vía; como las lluvias considerando un coeficiente de drenaje igual a 1Cd, ya que a causa de esta y el deslizamiento del suelo la vía se vio afectada, siendo inhabilitada por casi un año. Para Saleh & Van Der (2019), es necesario tomar en cuenta el bombeo en este tipo de pavimentos, que se considera como la expulsión de lechada de tierra por medio de las juntas o grietas de pavimento.

Finalmente, si bien existen un conjunto de métodos hoy en día, aún es demandante el diseño y modelamiento mediante la metodología empírica de la American Association Of State Highway And Transportation Officials o AASHTO 93 que tiene como factor principal la capacidad de carga o los ejes de los autos que transitan por una vía, es decir al estudio de tráfico conocido también como equivalente simple axial o ESAL de acuerdo al MTC (2014).

Siendo la vía una vía con volumen alto de tráfico, al encontrar 2 898 480.54 EE, y ale estar en el rango $>1'500,000EE$ y $\leq 3'000,000 EE$, este está dentro del tipo 6 de tráfico o Tp6 de acuerdo a la clasificación que da el MTC (2014); a partir de esto si tomamos en cuenta el ábaco de permeabilidad AASHTO (1993), nos damos cuenta de que nuestros cálculos son correctos.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye para el estudio de tráfico, que la vía está conformada por 2 carriles; siendo su volumen máximo 982 vehículos NS y 854 vehículos de SN, además la velocidad no excede los 30 km/h, siendo la $q_{m\acute{a}x}$ de 235 veh/h; además los ejes equivalentes son iguales a 2 898 480.54 EE lo que constituye a 20 años aproximadamente 57 millones de EE.

En cuanto al estudio de suelos se encontró un coeficiente de transferencia de cargas de 3.80 y un coeficiente de drenaje de 1.00, siendo el suelo de tipo fluvial debido a su cercanía a los ríos.

Para la determinación del espesor este se diseñó mediante tres programas donde se usó un módulo de elasticidad de 4 590 000, del mismo modo la servicialidad inicial y final fueron de 4.5 y 2.5 respectivamente donde se encontraron espesores que varían desde los 15.39 cm hasta los 24.77 cm.

Para el análisis de sensibilidad de parámetros se concluye que el espesor depende de estos; además, a medida que aumenta el espesor, la confiabilidad aumenta, así como la desviación estándar; se encontró que para un $Z_r=1.645$ la confiabilidad fue de 95% y la desviación de 0.39 considerando un espesor de 19.00 cm.

Finalmente, la propuesta que se hace para este pavimento es un pavimento de concreto simple articulado o JPCP, que tiene como promedio un espesor de 19.37 cm.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el estudio de tráfico realizar un control mensual con el fin de calcular mejor los volúmenes para los carriles, así como una mejor aproximación de los ejes equivalentes, los cuales son básicos para el AASHTO 93.

Con base al estudio de suelos, para el suelo tipo fluvial; es necesario tener en cuenta los factores climáticos para evitar desbordes como el que sucedió hace más de un año, ya que esto provoca incomodidad en la población.

En cuanto al diseño y la determinación de espesor, es necesario tomar en cuenta el ábaco de permeabilidad AASHTO (1993), porque si bien se usaron un conjunto de programas, es necesario tener la certeza de que se está diseñando adecuadamente.

Para el análisis de sensibilidad de parámetros se recomienda comparar parámetros en función del espesor, pues si bien son dependientes de este, es necesario observar cómo se comportan los demás parámetros.

Finalmente, se recomienda utilizar la clasificación de Oviedo (2017) para realizar la propuesta de pavimentos rígidos, porque este realiza acertadamente la clasificación, del mismo modo se insta a las autoridades tomadoras de decisiones de tomar en cuenta esta propuesta para futuras mejoras de esta vía.

REFERENCIAS

AASHTO, T. 307, Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Washington, D. 2003.

ALKAISSI, Z. Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 2020, vol. 32, no 1, p. 1-4.

ÁLVAREZ, A. Matriz de consistencia y Matriz de operacionalización de variables. 2020.

BAIXINHO, C; COSTA, A. Credibilidad científica del investigador y transferencia del conocimiento. 2020.

BALCÁZAR, J; LUQUE, M. Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres, 2020. 2021.

BRILL, D.; KAWA, I. Advances in FAA Pavement Thickness Design Software: FAARFIELD 1.41. En *Airfield and Highway Pavements 2017*. 2017. p. 92-102.

BUSARI, A; DAHUNSI, B; AKINMUSURU, J. Sustainable concrete for rigid pavement construction using de-hydroxylated Kaolinitic clay: Mechanical and microstructural properties. *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 211, p. 408-415.

CANAHUIRI, R. Análisis comparativo técnico–económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO-93, en Jr Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca, provincia San Román-Puno. 2021.

CARO, L. 7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos. 2019.

CASTRO, M; CASTRO, Luis; CASTRO, P. Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. *Polo del Conocimiento*, 2020, vol. 5, no 9, p. 640-663.

CHORE, H; JOSHI, M. Strength characterization of concrete using industrial waste as cement replacing materials for rigid pavement. *Innovative Infrastructure Solutions*, 2020, vol. 5, no 3, p. 1-9.

CHUNG, K, et al. Microwave non-destructive inspection and prediction of modulus of rupture and modulus of elasticity of engineered cementitious composites (ECCs) using dual-frequency correlation. *Sensors*, 2017, vol. 17, no 12, p. 2831.

COAD, A; SEGARRA, A; TERUEL, M. A bit of basic, a bit of applied? R&D strategies and firm performance. *The Journal of Technology Transfer*, 2020, p. 1-26.

DÍAZ, R, et al. Ruta de Investigación Cualitativa–Naturalista: una alternativa para estudios gerenciales. *Revista de ciencias sociales*, 2021, vol. 27, no 4, p. 334-350.

ŘURINOVÁ, M; MIKOLAJ, J; HOSTAČNÁ, V. Modelling of changes in pavement serviceability of the asphalt road. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 55, p. 1131-1138.

ERSOZ, A; PEKCAN, O; TEKE, T. Crack identification for rigid pavements using unmanned aerial vehicles. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2017. p. 012101.

GAUTAM, P, et al. Sustainable use of waste in flexible pavement: A review. *Construction and Building Materials*, 2018, vol. 180, p. 239-253.

HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, R.; BAPTISTA, Pilar. Selección de la muestra. 2017.

Instituto Nacional De Estadística e Informática, INEI. Áncash Resultados definitivos Tomo I. 2018.

JAIMES, A. Guía para el diseño de pavimentos rígidos en vías urbanas con aplicación en municipios con poblaciones menores a 50 000 habitantes. 2020.

JOHNSON, C, et al. *National health and nutrition examination survey: sample design, 2011-2014*. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, 2014.

KUMAR, G; PRAKASH, P. Design of flexible and rigid pavements by various methods. *International journal*, 2020, vol. 5, no 8.

MOHOD, M.; KADAM, K. A comparative study on rigid and flexible pavement: A review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 2016, vol. 13, no 3, p. 84-88.

Manual de Transportes y Comunicaciones. *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.*

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de carreteras, suelos, geología y geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima. Perú. 2014.

MALDONADO, R. Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N° 1, Distrito San Antonio, Moquegua. 2021.

MARTÍN, C. Generación Automática de Diagramas de Gantt. 2021.

NIETO, E. *Tipos de investigación.*2018

NOGUCHI, T, et al. A practical equation for elastic modulus of concrete. *ACI Structural Journal*, 2009, vol. 106, no 5, p. 690.

NOVA MORENO, J, et al. Propuesta de rehabilitación del pavimento rígido tramo Calle 127 D Cras 93f Y 96.

OLCESE, M. *Diseño de pavimentos.* Universidad Católica del Perú. Lima. 2017.

ÓRGANO DE CONTROL INSTITUCIONAL (OCI). *Informe N° 017-2021-OCI/4603-SVC. Municipalidad Distrital de Independencia.* 2021

PARI, J. Aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya-Puno. 2019.

PASTOR, B. Población y muestra. *Pueblo continente*, 2019, vol. 30, no 1, p. 245-247.

PEREIRA, P; PAIS, J. Main flexible pavement and mix design methods in Europe and challenges for the development of an European method. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 2017, vol. 4, no 4, p. 316-346.

PÉREZ, H, et al. Rigid pavement performance models by means of Markov Chains with half-year step time. *International Journal of Pavement Engineering*, 2019, vol. 20, no 7, p. 830-843.

PLEȘCAN, C, et al. Sensitivity analysis of rigid pavement design based on semi-empirical methods: Romanian case study. *Symmetry*, 2021, vol. 13, no 2, p. 168.

QUIMBAYO, M & USECHE, E. *Diseño de la estructura de pavimento flexible por el método AASHTO–93, para 1.3 kilómetros, de la vía de acceso a la Vereda La Palmita Del Municipio de Natagaima Tolima.*2021.

RAMIREZ, A. *Análisis de sensibilidad de los parámetros en la metodología de diseño estructural de pavimentos rígidos: método AASHTO 93.*2021.

REINA, M. Aspectos medulares de la investigación acción como método de la investigación social. *Consensus (Santiago)-Revista interdisciplinaria de investigación*, 2021, vol. 5, no 2, p. 29-54.

RODRÍGUEZ, R, et al. Diseño en pavimento rígido de la calle 27^a entre carrera 11 y 10 del municipio de Chiquinquirá, Boyacá.2020.

RUBIO, R., & FUSTER, G. *La ética en los estudios de ingeniería ethics in engineering studies.* 2021.

SABAHFAR, N; MURRELL, S. John F. Kennedy International Airport Pavement Classification Number Determination: A Case Study. En *International Conference on Transportation and Development 2020*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2020. p. 178-186.

SADROSSADAT, E; HEIDARIPANAH, A; OSOULI, S. Prediction of the resilient modulus of flexible pavement subgrade soils using adaptive neuro-fuzzy inference systems. *Construction and Building Materials*, 2016, vol. 123, p. 235-247.

SALEH, M.; VAN DER WALT, J. Evaluation of the structural capacity of rigid pavements at the network level. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2019, vol. 46, no 5, p. 439-447.

SÁNCHEZ, F. Teorías, evidencias, fraude y rigor científico. Una breve reflexión. *Journal of Negative & No Positive Results*, 2017, vol. 2, no 10, p. 431-432.

SÓCOLA, M. *Diseño y análisis comparativo de costos de un pavimento flexible según metodología del AASHTO 93 y otro con geomallas biaxiales en el sector Los Laureles del distrito de El Porvenir-Trujillo-La Libertad*. 2018.

SOSA, H. *Aplicación de los métodos de diseño de pavimento flexible mecanístico empírico y AASHTO 93 en la carretera mo-107 Moquegua 2018*. 2020.

SCHARAGER, J; REYES, P. Muestreo no probabilístico. *Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Psicología*, 2001, vol. 1, p. 1-3.

ŞENGÜN, H., OZTURK, H., & YAMAN, İ. *Comparison of Mechanistic-Empirical and Traditional Rigid Pavement Design Methods: Afyon-Emirdag Trial Section*. 2020.

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

TIZNADO, B; ZAVALETA, J. *Diseño de pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la carretera Matacoto, Yungay–Ancash-2020*. 2021.

TOSCANO, F. *Metodología de la Investigación*. U. Externado de Colombia, 2018.

ZEPEDA, J; PESCI, A. La matriz de operacionalización del problema científico: Una herramienta para asegurar la coherencia epistemológica. En *VI Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales 7 al 9 de noviembre de 2018 La Plata, Argentina*. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad de los autores

Nosotros, Nieto Collazos Renzo Eduardo con DNI N° 72194732 y Robles Maldonado Robinson Manolo DNI N°46669250 alumnos de la facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Huaraz, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al proyecto de tesis “Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022”, son:

1. De nuestra autoría.
2. El presente proyecto de tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El presente proyecto de tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente proyecto son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto a las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Huaraz, Diciembre de 2021.



Nieto Collazos, Renzo Eduardo
DNI N° 72194732



Robles Maldonado, Robinson Manolo
DNI N°46669250

Anexo 2. Declaratoria de principios éticos de los autores

Nosotros, Nieto Collazos Renzo Eduardo con DNI N° 72194732 y Robles Maldonado Robinson Manolo DNI N°46669250 alumnos de la facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Huaraz, declaramos bajo juramento que la presente investigación cumple con principios éticos para la tesis “Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022”, son:

- Donde se recabará la información de manera ordenada y confidencial.
- Donde los datos serán tratados solo para fines de investigación.
- Además la información podrá ser manejada para revisiones futuras de investigación.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier incumplimiento ético de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto a las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Huaraz, Diciembre de 2021.



Nieto Collazos, Renzo Eduardo
DNI N° 72194732



Robles Maldonado, Robinson Manolo
DNI N°46669250

Anexo 3. Declaratoria de autenticidad (asesor)

Yo, Dolores Anaya Dante, Identificado con DNI N° :..... docente de la facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería civil de la Universidad César Vallejo sede Huaraz, revisor del proyecto de tesis “Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022”, de los alumnos, Nieto Collazos Renzo Eduardo y Robles Maldonado Robinson Manolo alumnos de la facultad de Ingeniería, constato que la investigación tiene un índice de similitud de..... %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias destacadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Huaraz, Diciembre de 2021.

Dolores Anaya Dante

DNI N°:.....

Anexo 4. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
Propuesta de mejoramiento	Es la adecuación de normas para la determinación de los espesores conformados por la subbase y base del pavimento con suficiente resistencia a la flexión para transmitir las tensiones de carga de la rueda a un área más amplia debajo, en comparación con el pavimento flexible, los pavimentos rígidos se colocan directamente sobre el subsuelo preparado o sobre una sola capa de material granular o estabilizado (Busari, Dahunsi, & Akinmusuru, 2019, p.14).	Es la determinación de espesores mediante la medición de un conjunto de parámetros por medio de dos programas para el pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste	Propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Avenida Confraternidad Internacional Oeste	Deformación del pavimento	Ordinal
				Espesor de la capa de subbase	
				Espesor de la capa subrasante	

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
Propuesta de mejoramiento	Es la adecuación de normas para la determinación de los espesores conformados por la subbase y base del pavimento con suficiente resistencia a la flexión para transmitir las tensiones de carga de la rueda a un área más amplia debajo, en comparación con el pavimento flexible, los pavimentos rígidos se colocan directamente sobre el subsuelo preparado o sobre una sola capa de material granular o estabilizado (Busari, Dahunsi, & Akinmusuru, 2019, p.14).	Es la determinación de espesores mediante la medición de un conjunto de parámetros por medio de dos programas para el pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste	Estudio de suelos	Coefficiente de drenaje	Ordinal
				Clasificación de suelos	
				Categoría sub rasante	
			Estudio de tráfico	Serviciabilidad	
				Desviación estándar	
				Ejes equivalentes	
				Confiabilidad	

Anexo 5. Matriz de consistencia

Título: Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash - 2022

FÓRMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	VARIABLES
<p>GENERAL: ¿Cuál es la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Cuál es el estudio de tráfico para la propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022?</p> <p>¿Cómo se describe el estudio de suelos para el diseño de pavimento rígido de la avenida usando la metodología AASHTO 93?</p> <p>¿Cuál es el espesor del pavimento rígido a partir del diseño realizado mediante la metodología AASHTO 93?</p> <p>¿Realizar el análisis de sensibilidad de los parámetros AASHTO 93 para la propuesta de mejoramiento de pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022?</p>	<p>GENERAL: Realizar la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando la metodología AASHTO 93 en la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Determinar el estudio de tráfico para la propuesta de mejoramiento de pavimento rígido de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022</p> <p>Describir el estudio de suelos para el diseño de pavimento rígido de la avenida usando la metodología AASHTO 93</p> <p>Determinar el espesor del pavimento rígido a partir del diseño realizado mediante la metodología AASHTO 93</p> <p>Analizar la sensibilidad de los parámetros AASHTO 93 para la propuesta de mejoramiento de pavimento de la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.</p>	<p>NULA: H0: La propuesta de mejoramiento del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 tiene confiabilidad significativa con base al espesor para la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.</p> <p>ALTERNATIVA: H1: La propuesta de mejoramiento del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 no tiene confiabilidad significativa con base al espesor para la Av. Confraternidad Internacional Oeste Huaraz, Ancash – 2022.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>No Experimental</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El diseño es descriptivo</p> <p>Dónde:</p> <p>Se realizará la descripción de los parámetros tomados en cuenta para la propuesta de mejoramiento realizado para la vía.</p>	<p>V.1. Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido</p>

Anexo 6. Instrumento de recolección de datos.

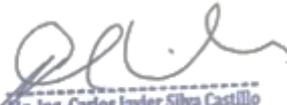
Ficha de evaluación la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022

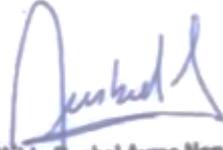
Vía	Número de carriles del grupo	Volumen máximo	Vol. Max/Carril	Velocidad	Índice de servicio
Av. Confraternidad Internacional Oeste NS					
Av. Confraternidad Internacional Oeste SN					

	Sentido SN	Sentido NS
Flujo máximo de la vía (qmáx)		
Capacidad ideal por carril (Co)		
Ancho de calzada (A)		
% de vehículos pesados del grupo (%HV)		
% de pendiente de acceso (%G)		

	Cálculo de factores y de la capacidad	
Factor por ancho de carril (fw)		
Factor de vehículos pesados (fHV)		
Factor pendiente (fg)		
Factor de estacionamiento (fp)		
Factor tipo de área (fa)		
Capacidad teórica por carril (Ct/carril)		
Capacidad teórica (Ct)		
Capacidad ideal (Cideal)		
Capacidad Calculada (C)		


 Luis Alberto Valdez Girón
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041

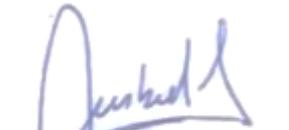

 Ing. Carlos Javier Silva Castillo
 BOLETA DE LABORADOR DE ESTADO DE NACIONALES
 DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVIL DE LA
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUARAZ


 Waldo Rusbel Ayme Narvay
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 89614

TIPO DE PAVIMENTO					RIGIDO
AÑO BASE					
PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS (n)					
No TROCHAS EN LA DIRECCION DE DISEÑO					
% DE TRÁNSITO EN LA DIRECCIÓN DE DISEÑO (DD)					
% DE TRÁNSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO (LD)					
ESALs PARA PERIODO DE DISEÑO					
CLASE DE VEHICULO	TPDA para n años	DD	LD	FACTOR DE CAMION FC (ESALs)	ESALS/VEHÍC.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					


 Ing. Ing. Carlos Javier Silva Castillo
 OFICINA DE LABORATORIO DE DISEÑO DE SUPERFICIES
 DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE PERU


 Luis Alberto Valdez Girón
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041

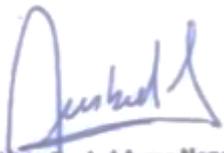

 Waldo Rusbel Ayme Narvay
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 89614

Estudio de tráfico	Serviciabilidad
	Desviación estándar sobre el espesor de la losa
	Ejes equivalentes
	Confiabilidad
Estudio de suelos	Coeficiente de transferencia de cargas
	Coeficiente de drenaje

Estudio de suelos	Clasificación de suelos
	Categoría sub rasante


 Luis Alberto Valdez Girón
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041

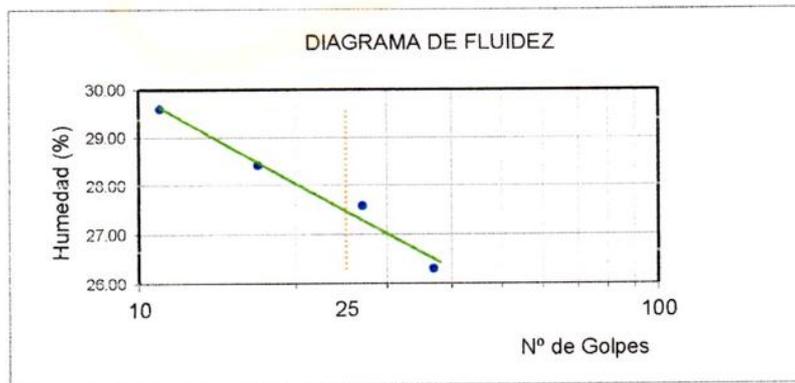

 Ing. Carlos Javier Silva Castillo
 JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE PUEBLO


 Waldo Rusbel Ayme Narvay
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 89914

Anexo 6. Estudio de suelos.

LIMITES DE CONSISTENCIA DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO ASTM D 4318 NTP 339.129

Nº de golpes	11	17	27	37
Peso frasco + Peso suelo Húmedo (gr)	28.76	26.62	27.79	26.84
Peso frasco + Peso suelo seco (gr)	24.41	22.89	24.64	23.67
Peso frasco (gr)	9.71	9.76	13.22	11.62
Peso del agua (gr)	4.35	3.73	3.15	3.17
Peso Suelo Seco (gr)	14.70	13.13	11.42	12.05
Contenido de Humedad (%)	29.59	28.41	27.58	26.31



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO ASTM D 4318 NTP 339.129

Peso frasco + Peso suelo Húmedo (gr)	17.42	15.72	15.71
Peso frasco + Peso suelo seco (gr)	16.04	14.58	14.61
Peso frasco (gr)	9.72	9.49	9.65
Peso del agua (gr)	1.38	1.14	1.10
Peso Suelo Seco (gr)	6.32	5.09	4.96
Contenido de Humedad (%)	21.84	22.40	22.18

Límite Líquido (L.L.) :	27.50
Límite Plástico (L.P.):	22.14
Índice de Plasticidad (I.P.) :	5.36



JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N.º 47285
Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica

Fuente. GEOSTRUCT

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D422 NTP 339.128

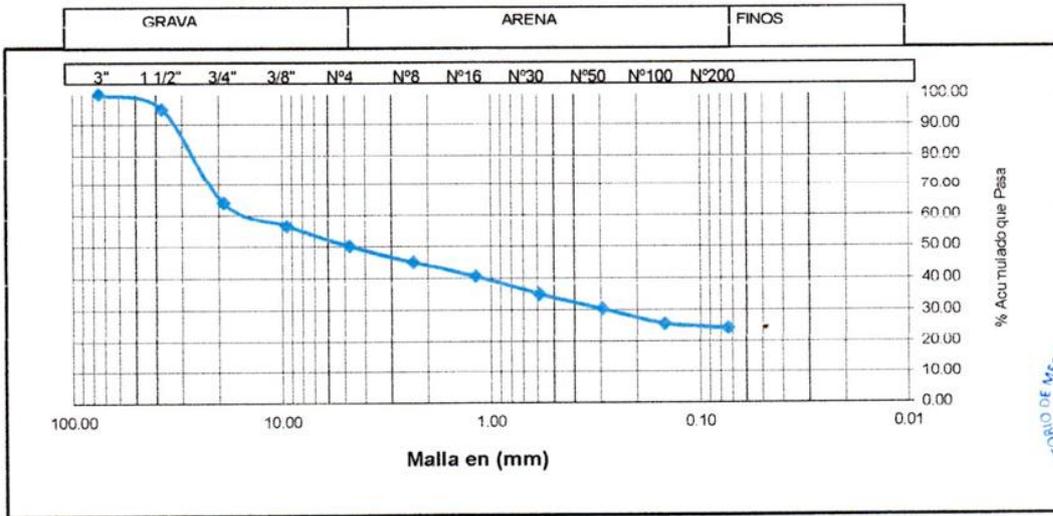
PESO INICIAL SECO (gr): 3061.00

% Pasa N° 200: 24.40

PESO LAVADO SECO (gr): 2314.10

% Peso Retenido 3" (gr): 0.00

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	151.60	4.95	4.95	95.05
3/4"	19.000	942.30	30.78	35.74	64.26
3/8"	9.500	233.60	7.63	43.37	56.63
N°4	4.750	199.10	6.50	49.87	50.13
N°8	2.360	151.40	4.95	54.82	45.18
N°16	1.180	137.10	4.48	59.30	40.70
N°30	0.590	172.30	5.63	64.93	35.07
N°50	0.295	142.30	4.65	69.58	30.42
N°100	0.148	142.10	4.64	74.22	25.78
N°200	0.074	42.30	1.38	75.60	24.40
<N°200	0.000	0.00	0.00	75.60	24.40
TOTAL		2314.10			--



Gravas (%) :	49.87	Arena (%) :	25.73	Finos (%) :	24.40
D10 (mm) :	--	D30 (mm) :	0.28	D60 (mm) :	12.90
Coef. Unif. (Cu) :	--			Coef. Conc. (Cc) :	--



Fuente. GEOSTRUCT

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D 2216 NTP 339.127

Recipiente N°	4	6
Peso Húmedo + Recipiente (gr)	131.20	130.40
Peso Seco + Recipiente (gr)	124.70	124.30
Peso recipiente (gr)	40.00	39.40
Peso del agua (gr)	6.50	6.10
Peso Suelo Seco (gr)	84.70	84.90
Contenido de Humedad (%)	7.67	7.18
Humedad Promedio (%)	7.43	



POR TEORIA DE TERZAGHI

Se conoce que para una cimentación corrida la capacidad de carga última es:

$$q_u = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Se ha asumido los siguientes parámetros para el cálculo:

c :	Cohesión del suelo	0.00	Ton/m2
γ :	Peso Unitario del suelo	1.95	Ton/m3
Df :	Profundidad de la cimentación	1.50	m
B :	Ancho de cimentacion	1.00	m
N _c , N _q , N _γ :	Factores de Capacidad de carga		
φ :	Angulo de fricción interna del suelo	28.00	°

$$\begin{aligned} N_c &= 25.78 \\ N_q &= 14.71 \\ N_\gamma &= 16.71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 59.32 \\ F.S. &= 3.00 \\ q_a &= q_u / F.S. \\ q_a &= 19.77 \text{ Ton/m2} \\ q_a &= 1.98 \text{ Kg/cm2} \end{aligned}$$

PRESION ADMISIBLE PARA EL PROYECTO

$$q_a = 1.98 \text{ Kg/cm2}$$



Fuente. GEOSTRUCT

Anexo 7. Panel Fotográfico



Figura 24. Av. Confraternidad Internacional Oeste Cuadra 11 del distrito de Independencia

Fuente. Municipalidad Distrital de Independencia.

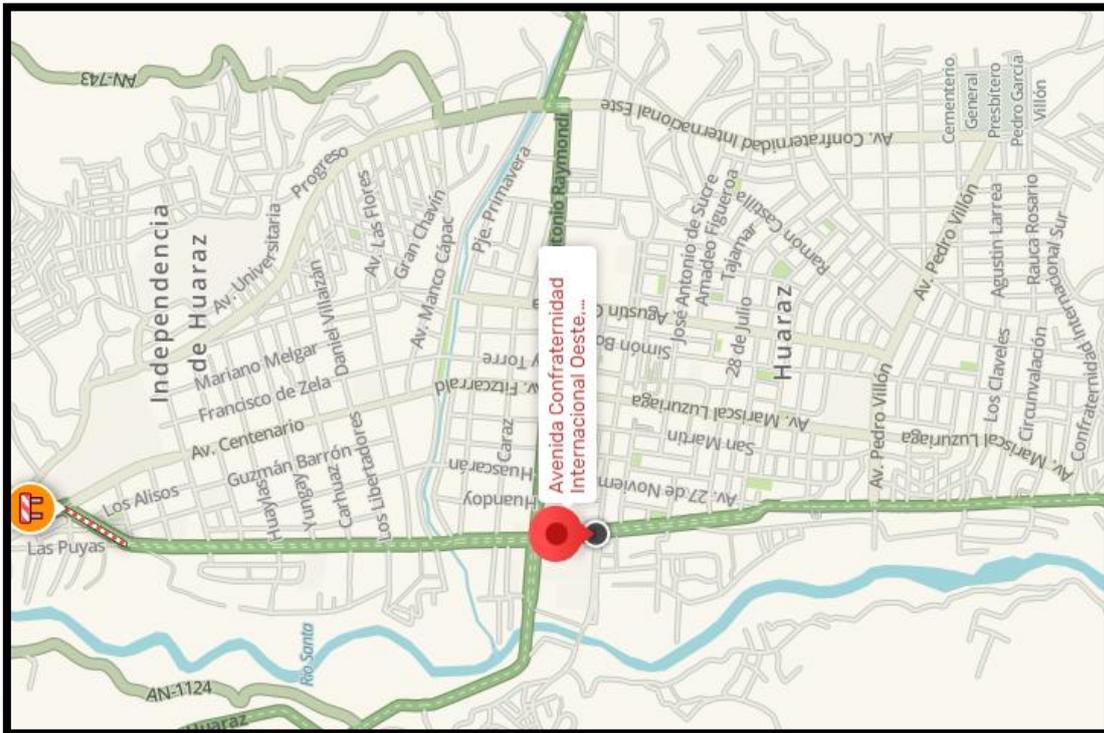


Figura 25. Avenida confraternidad Internacional Oeste.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 26. Fotografía número 1, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 27. Fotografía número 2, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 28. Fotografía número 3, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 29. Fotografía número 4, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 30. Fotografía número 5, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 31. Fotografía número 6, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 32. Fotografía número 7, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 33. Fotografía número 8, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 34. Fotografía número 9, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 35. Fotografía número 10, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 36. Fotografía número 11, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 37. Fotografía número 12, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 38. Fotografía número 13, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 39. Fotografía número 14, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 40. Fotografía número 15, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 41. Fotografía número 16, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 42. Fotografía número 17, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 43. Fotografía número 18, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 44. Fotografía número 19, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 45. Fotografía número 20, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 46. Fotografía número 21, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 47. Fotografía número 22, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 48. Fotografía número 23, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 49. Fotografía número 24, evaluación de tránsito.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 50. Plano indicando los tramos 1,2 y 3

Fuente. Elaboración propia.

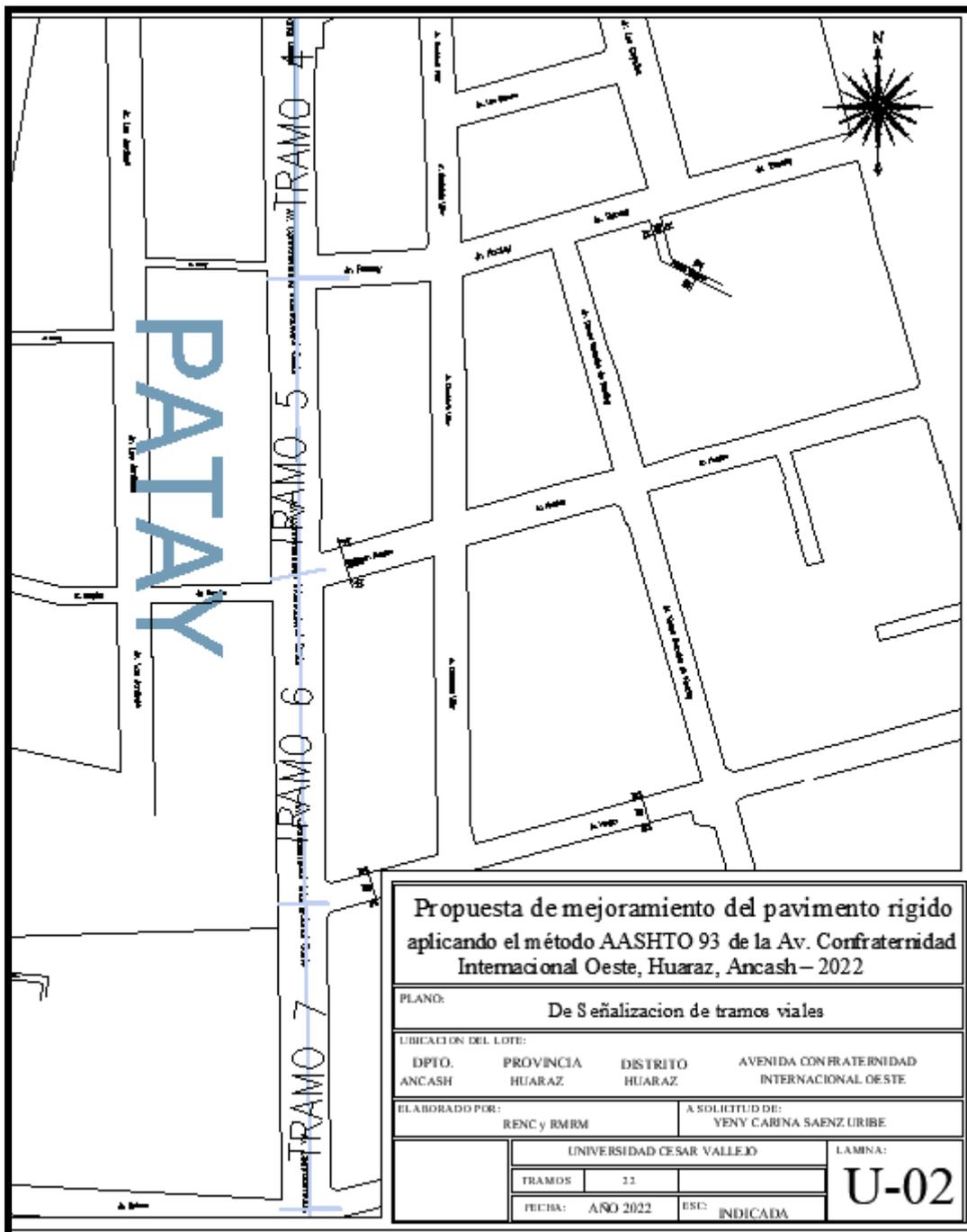


Figura 51. Planos indicando los tramos 4,5, 6,7

Fuente. Elaboración propia.



Figura 52. Planos indicando los tramos 8 y 9

Fuente. Elaboración propia.

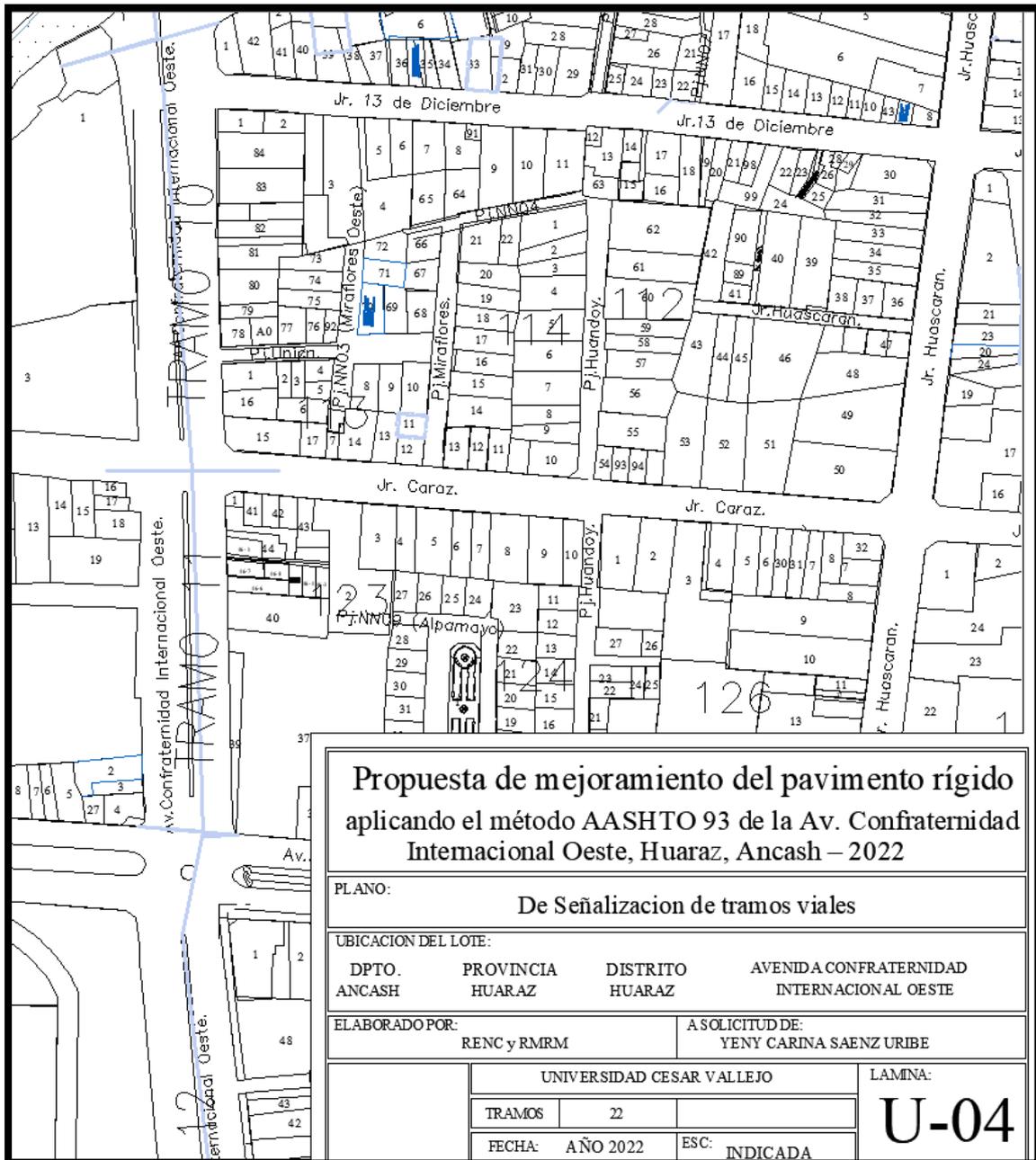


Figura 53. Planos indicando los tramos 10 y 11

Fuente. Elaboración propia.



Figura 54. Planos indicando los tramos 12 y 13

Fuente. Elaboración propia.

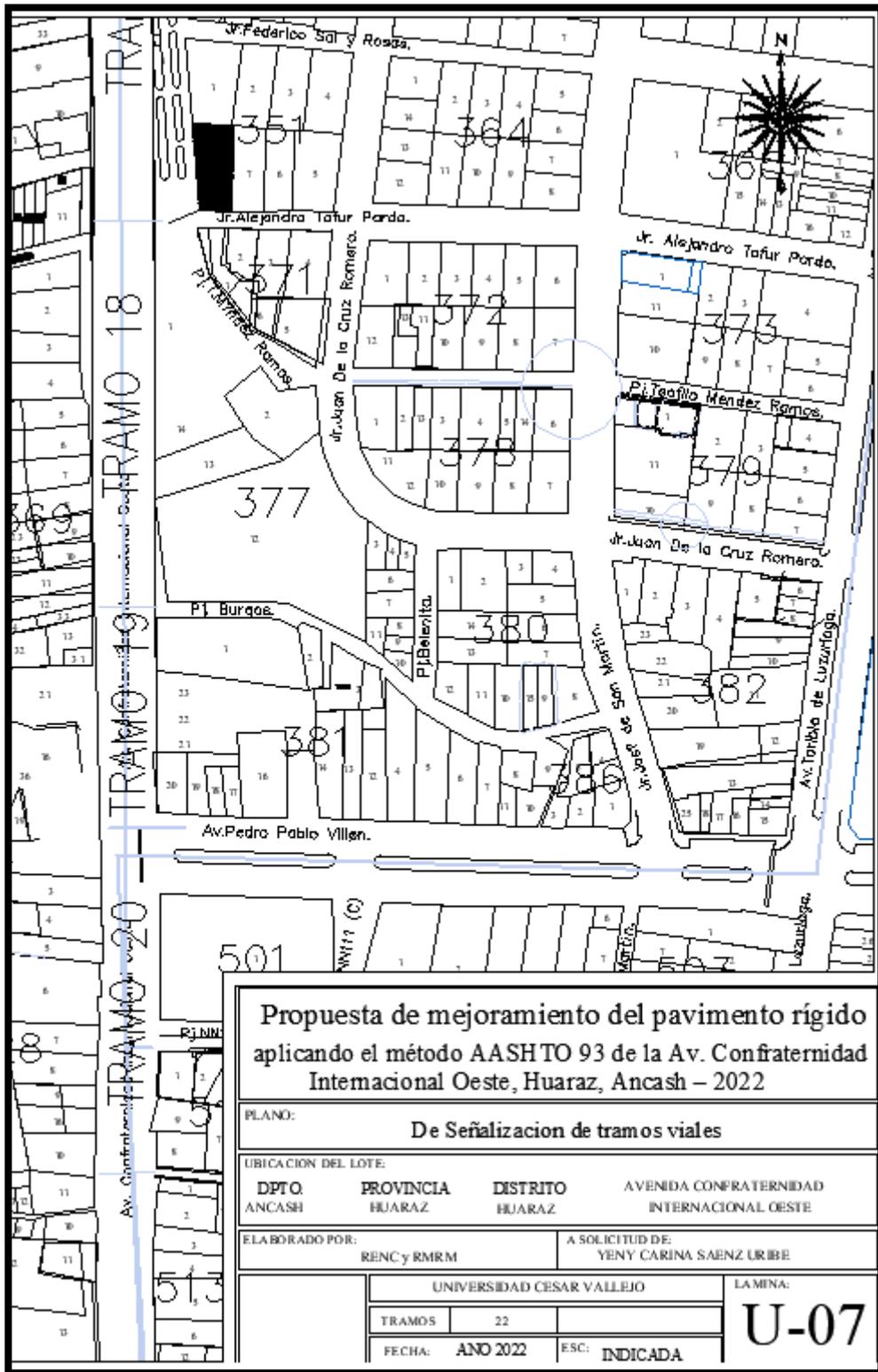


Figura 56. Planos indicando los tramos 16 y 17

Fuente. Elaboración propia.

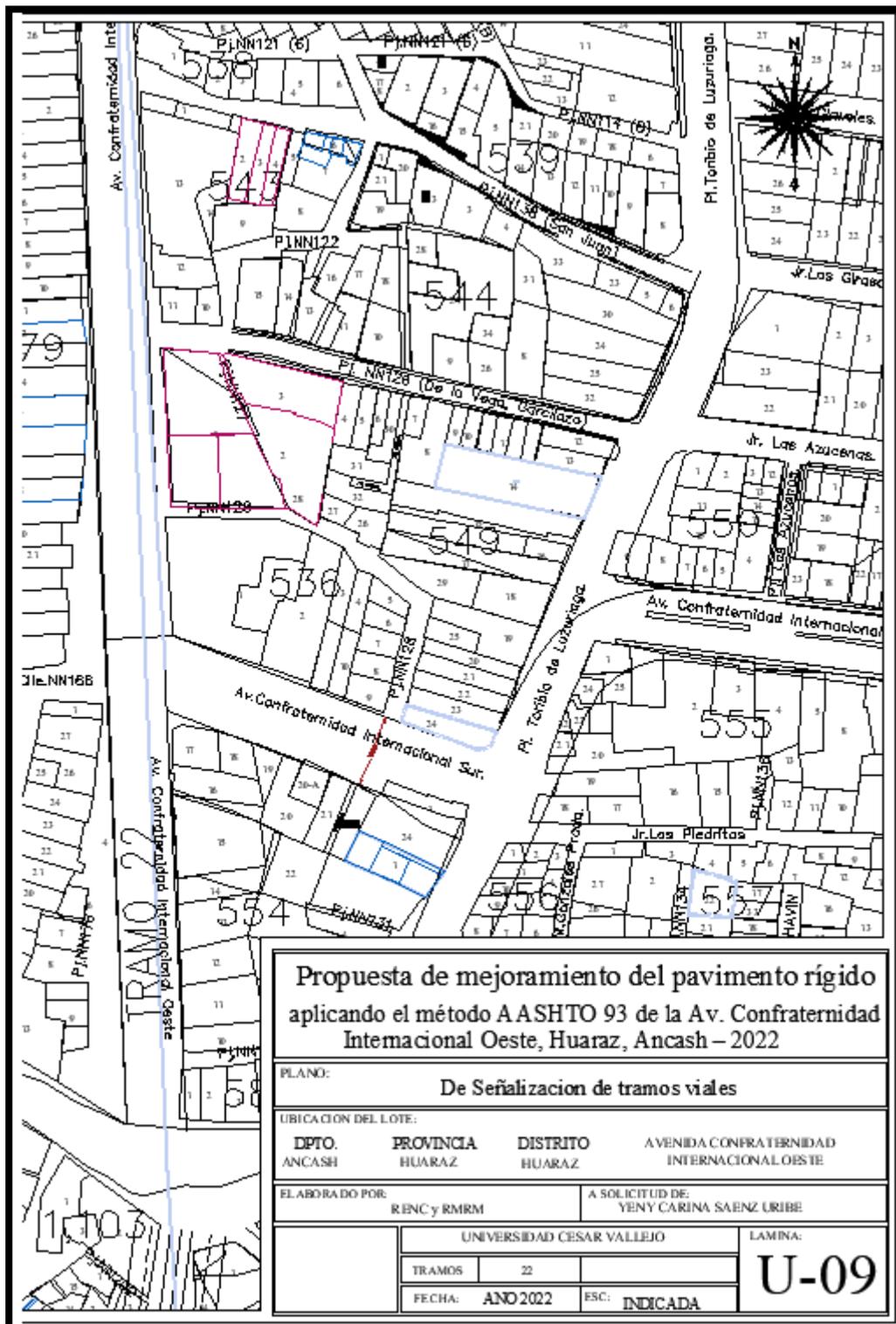


Figura 58. Planos indicando los tramos 19 y 20

Fuente. Elaboración propia.

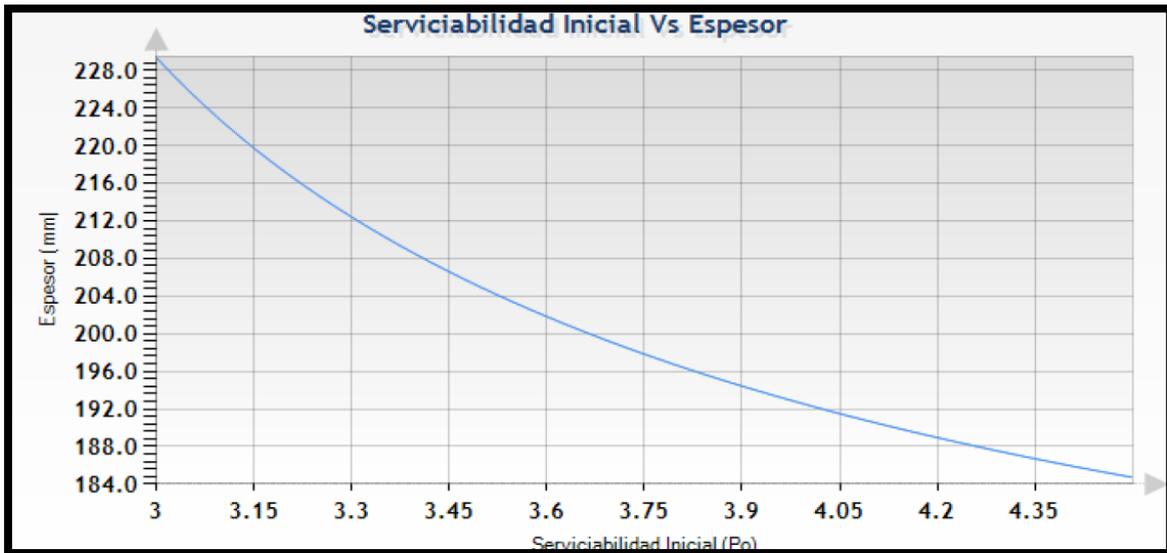


Figura 59. Análisis de pavimento rígido 7

Fuente. Elaboración propia.

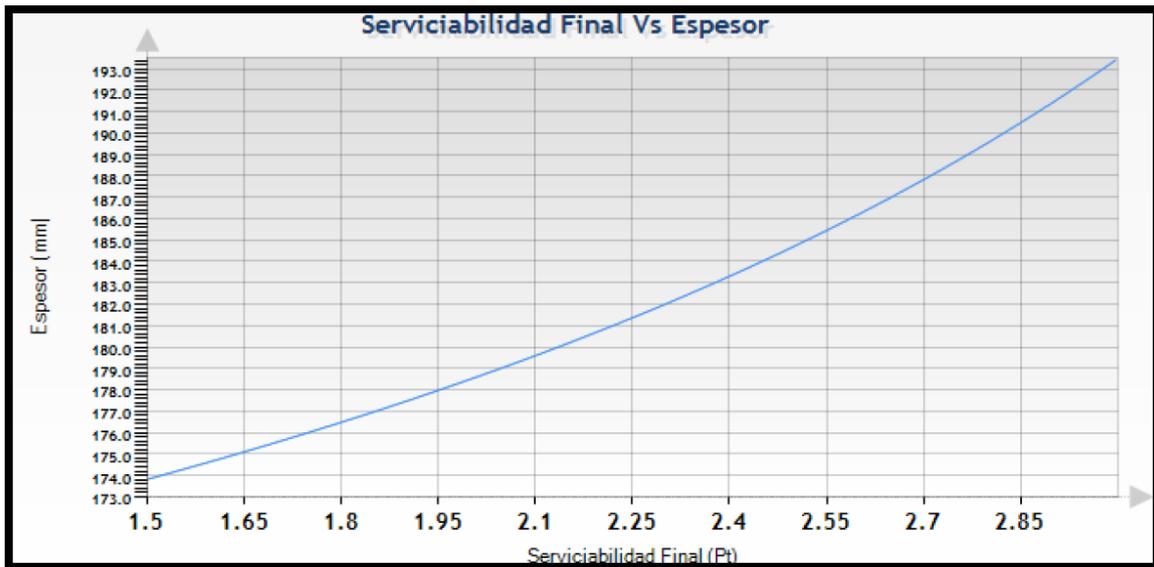


Figura 60. Análisis de pavimento rígido 8

Fuente. Elaboración propia.

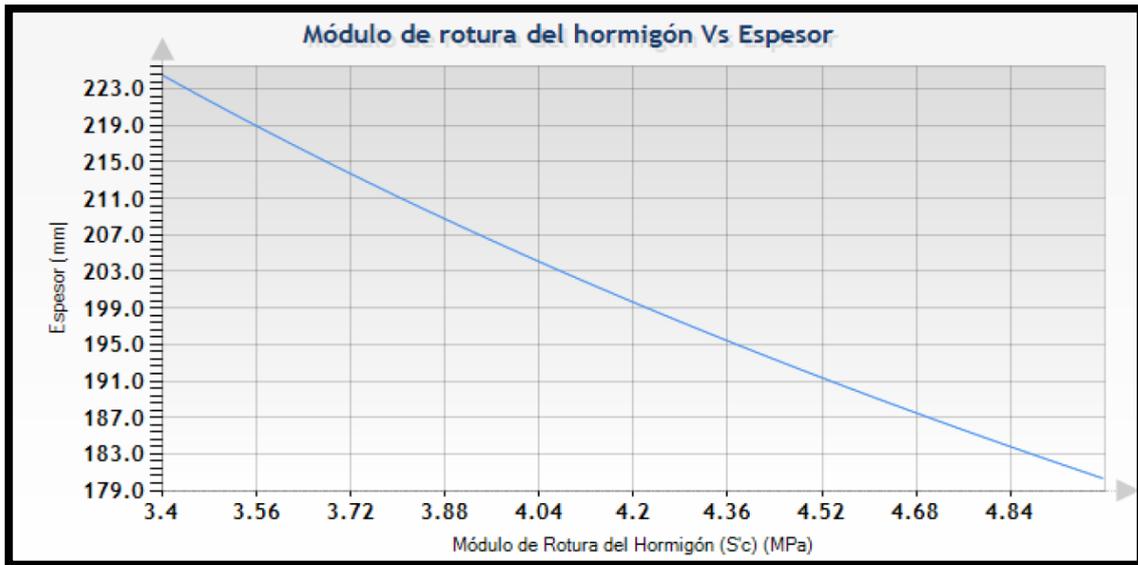


Figura 61. Análisis de pavimento rígido 9

Fuente. Elaboración propia.



Figura 62. Análisis de pavimento rígido 10

Fuente. Elaboración propia.

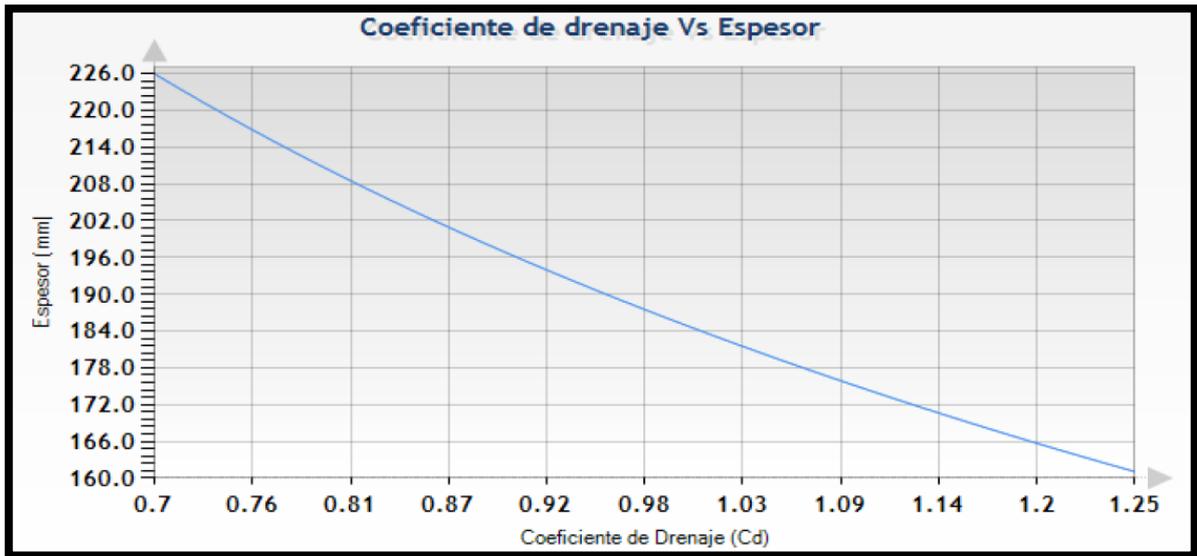


Figura 63. Análisis de pavimento rígido 11

Fuente. Elaboración propia.

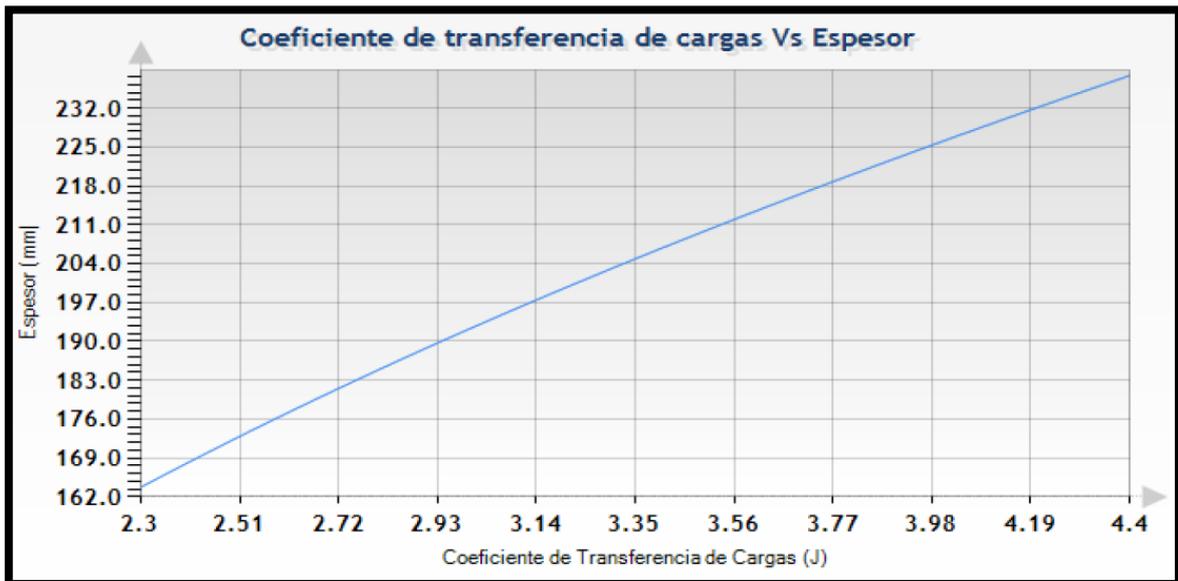


Figura 64. Análisis de pavimento rígido 12

Fuente. Elaboración propia.

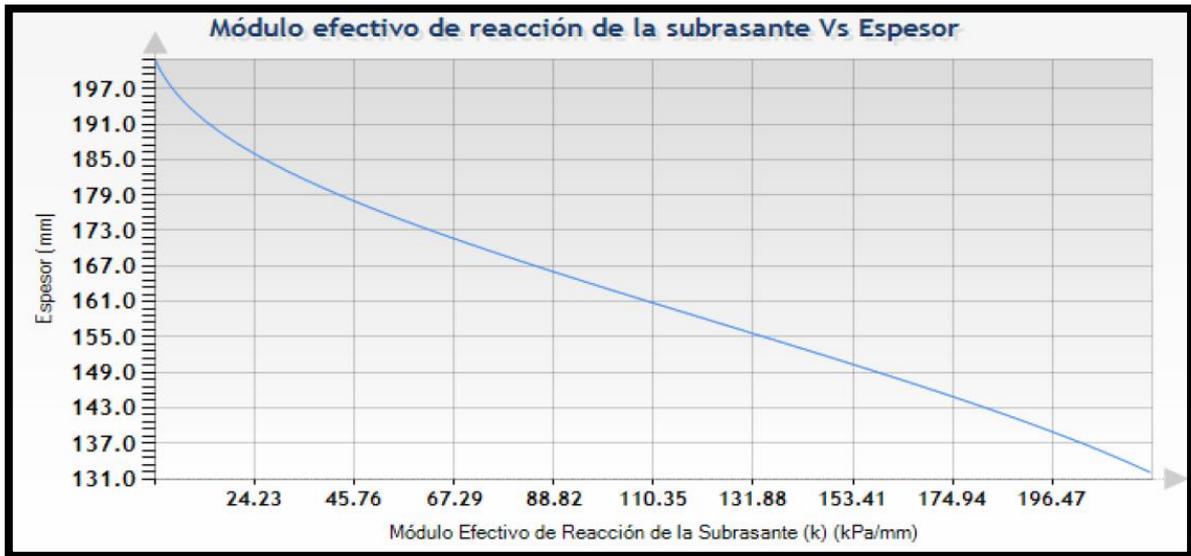


Figura 65. Análisis de pavimento rígido 13

Fuente. Elaboración propia.

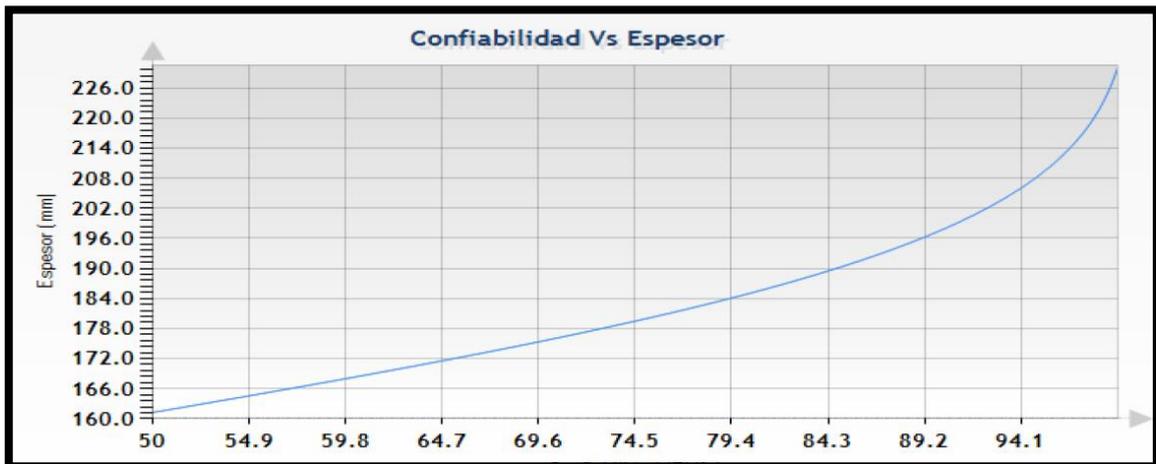


Figura 66. Análisis de pavimento rígido 14

Fuente. Elaboración propia.

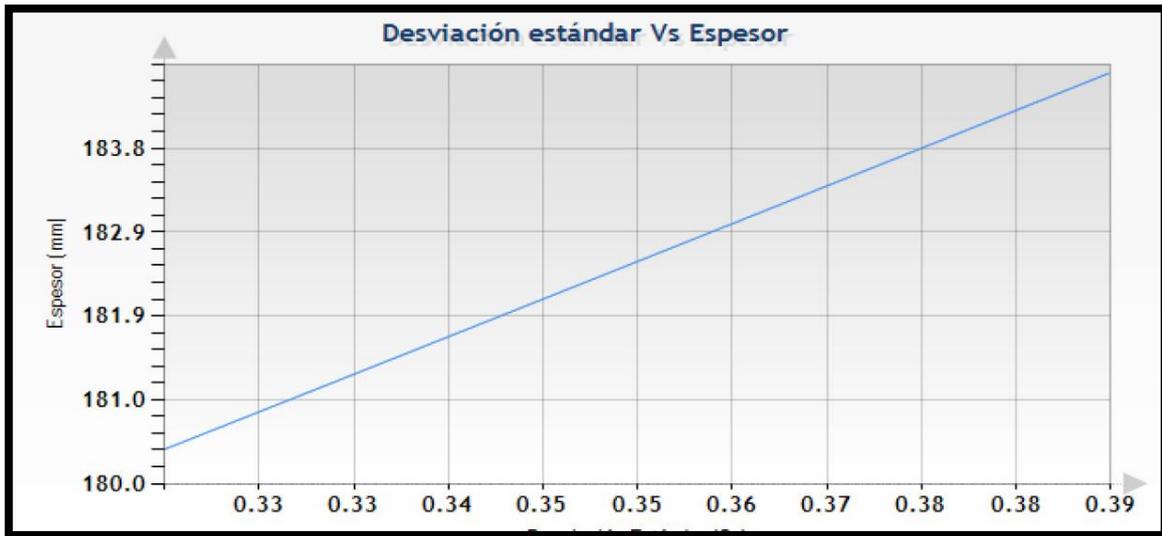


Figura 67. Análisis de pavimento rígido 15

Fuente. Elaboración propia.

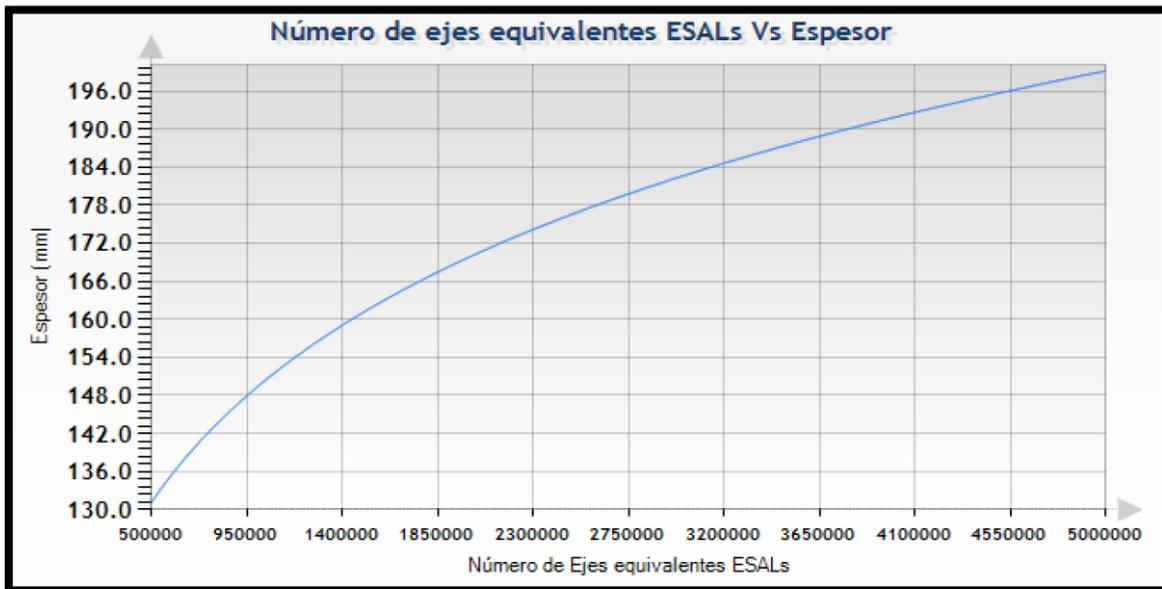


Figura 68. Análisis de pavimento rígido 16

Fuente. Elaboración propia.

ESALS PARA CADA CLASE DE VEHICULO EN PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE							
CLASE DE VEHICULO DEL AFORO SNC	CONFIGURACIÓN DE EJES SNC				CLASE DE VEHICULO DE SNC	ESAL ₂ /VEHIC PAV. FLEX FC	ESAL ₂ /VEHIC PAV. RIG FC
	EJE DELANTERO	EJE TRASERO 1	EJE TRASERO 2	EJE TRASERO 3			
1.- Automóviles, Jeep y Yaguetas						0,0005907328	0,0005331713
2.- Camionetas (Hasta 2 Toa.)						0,0038196148	0,0032575415
3.- Minibuses						0,0038196148	0,0032575415
4.- Microbuses (12 - 21 Ases.)						0,0538818880	0,0472151703
5.- Bus Mediano (22 - 35 Ases.)						3,6656321218	3,6896151626
6.- Bus Grande (36 Ases. o más)						2,5932513675	4,3525233579
7.- Camión Mediano (Hasta 6 Toa.)						0,5194646936	4,1933079018
8.- Camión Grande (Dos ejes.)						2,3099018558	5,2299016602
9.- Camión Grande (Tres ejes.)						3,1095732189	4,8592070530
10.- Camión semirremolque						4,3868313718	9,0757413290
11.- Camión con remolque						8,0489392453	12,7623655297
12.- Otros vehículo (No incluye motocicletas)						0,0538818880	0,0472151703

Figura 69. Clase de vehículos en pavimento rígido y flexible

Fuente. MTC (2014).

Anexo 6. Instrumento de recolección de datos.

Ficha de evaluación la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022

FECHA 26/05/22

Vía	Número de carriles del grupo	Volumen máximo	Vol. Max/Carril	Velocidad	Índice de servicio
Av. Confraternidad Internacional Oeste NS	2	-	-	25.23	-
Av. Confraternidad Internacional Oeste SN	2	-	-	26.18	-

	Sentido SN	Sentido NS
Flujo máximo de la vía (qmáx)	197 veh/hora	192 veh/hora
Capacidad ideal por carril (Co)	900 veh/hora	901 veh/hora
Ancho de calzada (A)	4.31	4.31
% de vehículos pesados del grupo (%HV)	13.19%	14.06%
% de pendiente de acceso (%G)	4.81	4.81

Sentido SN
Fecha 26/05/22

7:00/8:30 / 12:30 - 1:30 / 8:30 - 12:00 / 2-5 pm / 5-6 pm / 6-7 pm

CLASE DE VEHICULO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO
1	128	162	241	208	108	162
2	4	12	24	12	12	12
3	0	0	0	0	0	0
4	16	4	54	28	16	19
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	1	9	12	11	4	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	2	5	8	7	3	4
12	0	0	0	0	0	0

151 192 334 266 143 197

Figura 70. Fotografías de cada recolección de datos 1, fecha 26/05/22 SN

Fuente. Elaboración propia.

Sentido NS Fecha 26/05/22 7:00-8:10 / 12:30-1:30 / 8:30-11:00 / 2-5 p.m. / 5-6 p.m. / 6-7 p.m.

CLASE DE VEHICULO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO
1	117	140	192	208	121	148
2	2	12	21	21	8	17
3	0	0	0	0	0	0
4	12	11	45	31	12	12
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	1	2	9	6	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	1	4	6	4	9	15
12	0	0	0	0	0	0
	133	169	273	270	150	192

Figura 71. Fotografías de cada recolección de datos 2, fecha 26/05/22 NS

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 6. Instrumento de recolección de datos.

Ficha de evaluación la propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022

Fecha 6/02/22

Vía	Número de carriles del grupo	Volumen máximo	Vol. Max/Carril	Velocidad	Índice de servicio
Av. Confraternidad Internacional Oeste NS	2	-	-	27.25	-
Av. Confraternidad Internacional Oeste SN	2	-	-	28.19	-

	Sentido SN	Sentido NS
Flujo máximo de la vía (qm _{ax})	235 veh/hora	237 veh/hora
Capacidad ideal por carril (Co)	900 veh/hora	901 veh/hora
Ancho de calzada (A)	4.31	4.31
% de vehículos pesados del grupo (%HV)	11.18	11.73
% de pendiente de acceso (%G)	4.81	4.81

SENTIDO NS

Fecha 6/03/22

7:00-8:30

hora

12:30-1:30

4 horas

8:30-12:00 / 2:50p/5:00 / 6-7 pm

CLASE DE VEHICULO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO
1	440	184	190	204	125	142
2	4	8	26	32	3	6
3	0	0	0	0	0	0
4	22	20	49	62	51	21
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	3	15	4	2	0	0
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	7	11	3	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
	176	235	272	300	139	169

Figura 72. Fotografías de cada recolección de datos 3, fecha 06/03/22 NS

Fuente. Elaboración propia.

Sentido SN

Fecha 6/03/22

7:00-8:30 / 12:30-1:30 / 8:30-12:00 / 2:5 pm / 5-6 pm / 6-7 pm

CLASE DE VEHICULO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO	CONTEO
1	121	179	218	264	116	168
2	6	12	24	36	4	9
3	0	0	0	0	0	0
4	24	16	65	51	22	22
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	3	18	4	4	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	7	12	4	6	3	8
12	0	0	0	0	0	0
	161	237	320	361	145	207

Figura 73. Fotografías de cada recolección de datos 4, fecha 06/03/22 SN

Fuente. Elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DOLORES ANAYA DANTE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis Completa titulada: "Propuesta de mejoramiento del pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93 de la Av. Confraternidad Internacional Oeste, Huaraz, Ancash – 2022", cuyos autores son ROBLES MALDONADO ROBINSON MANOLO, NIETO COLLAZOS RENZO EDUARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 03 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DOLORES ANAYA DANTE DNI: 31656954 ORCID: 0000-0003-4433-8997	Firmado electrónicamente por: DDOLORESAN el 03- 11-2022 11:17:15

Código documento Trilce: TRI - 0432324