

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO BAJO INFLUENCIA DE
PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA RECUPERACIÓN DE
LA TRANSITABILIDAD DEL DISTRITO DE YAULI, JAUJA,
JUNIN**

PRESENTADO POR:

Bach. JHONATAN ANTONY QUISPE MATAMOROS

Línea de Investigación Institucional:

Trasporte y Vías de Comunicación

Línea de Investigación de la Escuela Profesional:

Trasporte y Vías de Comunicación

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2022

CONTRATAPA

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
ASESOR

DEDICATORIA

“El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación”.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 324

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, **JHONATAN ANTONY, QUISPE MATAMOROS**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO BAJO INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA RECUPERACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD DEL DISTRITO DE YAULI, JAUJA, JUNIN”**; la misma que cuenta con **104 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **27%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 17 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

Dr. Severo Simeon Calderon Samaniego

Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes

Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación	18
1.3.1. Social.....	18
1.3.2. Teórica	18
1.3.3. Metodológica	18
1.4. Delimitaciones	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal	21
1.4.3. Económica.....	21
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. Internacionales	22
2.1.2. Nacionales.....	27

2.2. Marco conceptual	31
2.2.1. Teorías de la investigación.....	31
2.2.1.1 Pavimentos.....	31
2.2.1.2 Diseño de pavimentos	34
2.2.1.3 Factores de diseño de pavimentos.....	37
2.2.1.4 Diseño estructural de pavimentos rígidos.....	43
2.2.1.5 Juntas en los pavimentos rígidos	45
2.2.1.6 Costos de construcción de pavimentos rígidos	48
2.3. Marco Normativo	49
2.4. Definición de términos	49
2.5. Hipótesis.....	55
2.5.1. Hipótesis general.....	55
2.5.2. Hipótesis específicos.....	55
2.6. Variables.....	55
2.6.1. Definición conceptual de la variable	55
2.6.2. Definición operacional de la variable	56
2.6.3. Operacionalización de la Variable	56
CAPÍTULO III	57
METODOLOGÍA	57
3.1. Método de investigación	57
3.2. Tipo de Investigación.....	57
3.3. Nivel de investigación.....	57
3.4. Diseño de investigación.....	57
3.5. Población y muestra	58
3.5.1. Población.....	58
3.5.2. Muestra	58
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
3.7. Procesamiento de la información.....	59
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	59
CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS.....	60
4.1. Presentación de resultados específicos	60
CAPÍTULO V.....	92

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
5.1. Discusión de resultados específicos.....	92
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Categorías de subrasante según CBR.....	39
Tabla 2 – Valor Percentil según ESAL.....	40
Tabla 3 – Cálculo de módulo resiliente.....	40
Tabla 4 – Variables de investigación.....	56
Tabla 5 – Operacionalización de las variables.....	56
Tabla 6 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 01).	62
Tabla 7 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 02).	63
Tabla 8 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 03).	64
Tabla 9 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 04).	65
Tabla 10 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 05).	66
Tabla 11 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 06).	67
Tabla 12 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 07).	68
Tabla 13 – Resumen del conteo vehicular – Jr. Primavera.....	69
Tabla 14 – Resumen de aforo del tráfico.	70
Tabla 15 – Transito medio diario semanal (TMDS).....	71
Tabla 16 – Transito medio diario anual (TMDA).....	71
Tabla 17 – Proyección del tránsito medio diario.....	71
Tabla 18 – Tránsito vehicular acumulado en 10 años.....	72
Tabla 19 – Tránsito vehicular acumulado en 20 años.....	73
Tabla 20 – Resumen de aforo del tráfico.	73
Tabla 21 – Tránsito medio diario semanal (TMDS).....	74
Tabla 22 – Factor de corrección diaria.....	74
Tabla 23 – transito promedio diario semanal corregido.	74
Tabla 24 – Factor de ajuste estacional.	75
Tabla 25 – Índice medio diario anual (IMDA).	75
Tabla 26 – Tasa de crecimiento vehicular (Kr).....	76
Tabla 27 – Factor de ajuste de presión (Fp).	76
Tabla 28 – Ejes equivalentes (EE).....	77
Tabla 29 – Ejes equivalentes (EE).....	77
Tabla 30 – Ejes equivalentes (EE).....	77
Tabla 31 – Factor de dirección (FD).....	78
Tabla 32 – Factor de carril (FC).	78

Tabla 33 – Calculo del W18.	78
Tabla 34 – Registro de calicatas	79
Tabla 35 – Resumen de la densidad natural.....	79
Tabla 36 – Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.	19
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.....	20
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.....	20
Figura 4- Elementos de un pavimento (flexible y rígido).	32
Figura 5- Estructura típica de un pavimento (flexible y rígido).	33
Figura 6- Estructura de un pavimento flexible.....	36
Figura 7- Estructura de un pavimento rígido.	37
Figura 8 - Cantidad de vehículos por cada día.....	70
Figura 9 - Desviación estándar normal (ZR).	87
Figura 10 - Desviación normal del error estándar combinado en la estimación de los parámetros de diseño y el comportamiento del pavimento (modelo deterioro) – (So).....	87
Figura 11 - Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, P_o y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, P_t (ΔPSI).....	87
Figura 12 - Modulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento portland ($S'c$).	87
Figura 13 - Coeficiente de transferencia de carga (J).	88
Figura 14 - Coeficiente de drenaje (Cd).	88
Figura 15 - Modulo de elasticidad, en psi, del concreto de cemento portland (E_c).	88
Figura 16 - Modulo de reacción del subgrado.....	88
Figura 17 - Espesor, en pulgadas, de la losa de concreto.	89
Figura 18 - Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado (W18).....	89
Figura 19 - Resultados de la ecuación básica de diseño para pavimento rígido.	89
Figura 20 - Resultados del cálculo de dowells.	90
Figura 21 - Resultados del cálculo de dowells.	91

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿ Cómo influyen los parámetros de diseño en el diseño del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?, el objetivo general fue: Determinar la influencia de los parámetros de diseño para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín, y la hipótesis general fue Los parámetros de diseño influyen significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo y el diseño de investigación fue no experimental. La población correspondió a la red vial de la zona urbana del distrito de Yauli en la Provincia de Jauja, departamento de Junín, siendo la muestra conformado por la vía local que comprende las calles del Jr. Primavera, Jr. Túpac Amaru y Jr. Ramón Castilla, los cuales se encuentran dentro del radio urbano del distrito de Yauli, Provincia de Jauja en el departamento de Junín.

La conclusión general fue: La metodología de diseño del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de diseño de pavimentos de concreto método AASHTO 1993. El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para todos los jirones en estudio: espesor de losa de concreto hidráulico (0.20 m), espesor de sub base (0.20m), espaciamiento de juntas de contracción (9.00 m), espaciamiento de juntas de dilatación (3.00 m), y diámetro de dowells (5/8 pulgada).

Palabras claves: Pavimento Rígido, Diseño, Metodología AASTHO – 93 y Transitabilidad.

ABSTRACT

The research had as a general problem: How do the design parameters influence the design of the rigid pavement for the recovery of the passability of the district of Yauli, Jauja, Junín? The general objective was: To determine the influence of the design parameters for design the rigid pavement for the recovery of the passability of the district of Yauli, Jauja, Junín, and the general hypothesis was The design parameters significantly influence to design the rigid pavement for the recovery of the passability of the district of Yauli, Jauja, Junín.

The research method was scientific, the type of research was applied, the level of research was descriptive and the research design was non-experimental. The population corresponded to the road network of the urban area of the Yauli district in the Province of Jauja, department of Junín, the sample being made up of the local road that includes the streets of Jr. Primavera, Jr. Túpac Amaru and Jr. Ramón. Castilla, which are within the urban radius of the district of Yauli, Province of Jauja in the department of Junín.

The general conclusion was: The adopted rigid pavement design methodology was elaborated with the AASHTO 1993 method concrete pavement design standards. The result of the dimensioning of the pavement structure is the following for all the shreds under study: hydraulic concrete (0.20 m), subbase thickness (0.20 m), spacing of contraction joints (9.00 m), spacing of expansion joints (3.00 m), and diameter of dowells (5/8 inch).

Keywords: Rigid Pavement, Design, AASTHO – 93 Methodology and Walkability.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “diseño de pavimento rígido bajo influencia de parámetros de diseño para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín”; investigación que establece como propósito fundamental: Determinar la influencia de los parámetros de diseño para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

La transitabilidad vial se relaciona entre el flujo vehicular y peatonal, es decir la adecuada vialidad con los estudios, diseño y materiales respectivos aplicados con el fin de que los daños posteriores puedan ocasionarse a un largo plazo. De esta manera el pavimento podrá resistir las condiciones propias de la naturaleza y del tráfico, de acuerdo a la realización del estudio en la zona requerida y solicitada.

El estado de la infraestructura vial de nuestro país incide en gran medida en su nivel de desarrollo, puesto que al tener vías en buen estado se mejora la transitabilidad, costos de operación, comunicaciones y transporte en general, es por ello, que en primer lugar, debemos apuntarle a realizar diseños de estructura de pavimentos que cumplan con las solicitudes requeridas para determinada vía, con un costo razonable, y garantizando un aceptable índice de serviciabilidad durante la vida de servicio estimada.

En el Distrito de Yauli, las calles principales se encuentran en malas condiciones de transitabilidad tanto vehicular como peatonal, debido que están a nivel de afirmado y en épocas de lluvia el tránsito se hace agobiante formándose charcos de barro por las calles de la ciudad dificultando el tránsito, a consecuencia de este problema los vehículos de carga y pasajeros tienen que recorrer con dificultad dicha calle o buscar otras vías alternas, con el mejoramiento de las calles del Distrito de Yauli, se podrá dar una mejor transitabilidad y de esta manera se estaría reduciendo los inconvenientes que puede producir estas

calles en mal estado y mejorando la integración entre los barrios existentes en el Distrito de Yauli.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño del pavimento rígido.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño del pavimento rígido, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Al pavimento se le considera como al conjunto de capas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, la cual recibe de forma directa las cargas del tránsito, para luego transmitir las a los estratos inferiores de una forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. De acuerdo al tipo de pavimento se clasifican en pavimentos asfálticos o flexibles y de concreto hidráulico o rígido. Este último, en algunos casos presenta un armado de acero, razón por la cual, conlleva a un costo inicial más elevado que el pavimento flexible, el periodo de vida oscila entre los 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se realiza generalmente en las juntas de las losas.

El conocimiento del flujo de tráfico al diseñar un pavimento rígido le permite comprender sus niveles de tráfico y condiciones de operación. El análisis de su comportamiento ayuda a identificar las tendencias de crecimiento y cuándo dejará de prestar el servicio completo, convirtiéndose así en la vía con mayor demanda de vehículos, provocando fatiga en el pavimento, ya que es superior al número de repetición de ejes estándar (8,2 tn), esperado para tu diseño.

La resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) requiere de una exploración e investigación delicada y de mayor precisión puesto que aparenta tener valores menores (CBR de diseño $< 10\%$) o las subrasantes no están sectorizadas por su variación crítica, indicándonos una baja capacidad de corte para su diseño de la estructura del pavimento. Siendo muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de

precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos de su CBR de diseño.

En el Distrito de Yauli, las calles principales se encuentran en malas condiciones de transitabilidad tanto vehicular como peatonal, debido que están a nivel de afirmado y en épocas de lluvia el tránsito se hace agobiante formándose charcos de barro por las calles de la ciudad dificultando el tránsito, a consecuencia de este problema los vehículos de carga y pasajeros tienen que recorrer con dificultad dicha calle o buscar otras vías alternas, con el mejoramiento de las calles del distrito de Yauli, se podrá dar una mejor transitabilidad y de esta manera se estaría reduciendo los inconvenientes que puede producir estas calles en mal estado y mejorando la integración entre los barrios existentes en el distrito de Yauli.

El principal motivo que genera esta propuesta de plan de tesis es las condiciones en que actualmente se encuentran las calles y vías del sector del distrito de Yauli, las mismas que se encuentran dentro del radio urbano del distrito de Yauli.

Por lo descrito líneas arriba, el presente plan de tesis titulada “diseño de pavimento rígido bajo influencia de parámetros de diseño para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín”, se desarrolla con la finalidad de resolver las inadecuadas condiciones de transitabilidad existentes en la zona de influencia

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿Cómo influyen los parámetros de diseño en el diseño del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál será el índice medio diario para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?

b) ¿Cuál será la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?

c) ¿Cuál será la propuesta de la estructura del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

Con el desarrollo de la investigación, se determina una metodología de diseño, cálculo y elaboración de un método, el cual permita lograr la recuperación de la transitabilidad vehicular y peatonal, y de esta forma poder mejorar las características actuales de la vía en estudio y que los usuarios tengan vías vehiculares y peatonales cómodas y seguras.

1.3.2. Teórica

El proyecto propuesto es razonable porque se selecciona la mejor solución de ingeniería como alternativa que asegure el pleno restablecimiento y circulación de vehículos y peatones, todo ello de acuerdo con la normatividad vigente, para el cumplimiento de los objetivos y que beneficie a los habitantes del distrito de Yauli, para un período útil de servicio de 20 años.

1.3.3. Metodológica

La investigación se realizó insitu, para ello, se ha considerado los datos en el lugar muestra de estudio, en los cálculos realizados se hizo uso de hojas de cálculo excel, en el diseño se utilizó los programas dispav, en la elaboración de la parte teórica se utilizó el

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

1.4.2. Temporal

El trabajo de investigación tuvo una duración de 4 meses, el cual comprendió desde el mes marzo del 2022 al mes de junio del 2022.

1.4.3. Económica

Los costos financieros incurridos en la preparación de este trabajo de investigación no son una desventaja económica. Los gastos antes mencionados son asumidos íntegramente por el investigador de esta tesis.

1.5. Limitaciones

Únicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “mejoramiento de los servicios de transitabilidad vehicular y peatonal de las calles del Jr. Primavera, Jr. Tupac Amaru, Jr. Ramón Castilla del distrito de Yauli - provincia de Jauja - departamento de Junín” CUI 2484734.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los parámetros de diseño para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín

1.6.2. Objetivos específicos

a) Determinar el índice medio diario para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

b) Determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

c) Proponer la estructura del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Baltazar et al. (2014). “Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93”, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR facultad de ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería civil.

El problema en el SALVADOR, fue desarrollar de la capacidad vial en constante cambio, tanto en lo relativo a nuevas vías abiertas como a reconstrucciones y reparaciones, pudiéndose observar en la escena cotidiana. En general, la investigación en el área es poca, dándose lugar a un traslado constante de técnicas, metodologías y reglamentos ya existentes, desarrollados en países con avances más significativos en el área de carreteras, esto debido igualmente a una mayor inversión en la investigación científica de disciplinas con aplicación de técnicas en dichas naciones. Dado que existen en el medio, otros enfoques de diseño de pavimentos, con bases mecanicistas-empíricas distintas, es de enorme conveniencia, de primera mano conocer dichas metodologías, en especial, debido a que en el SALVADOR no se está familiarizado con diversas opciones de diseño, con el objeto de comparar resultados en cuanto a las características de diseño que arrojaran cada una de ellas, analizando su desempeño, funcionalidad y las ventajas económicas de usar un método sobre otro. La presente investigación es de tipo cualitativo porque permite describir las características del fenómeno estudiado por las diferentes metodologías. El proyecto investigativo es un trabajo proyectado hacia comparar las variables de cada una de las alternativas y el método de diseño de pavimentos flexibles en estudio, así como sus

fortalezas y debilidades, para diversos requerimientos en la estructura del pavimento flexible. El presente estudió, busca también generar un primer acercamiento a las alternativas IMT-PAVE y CR-ME, ya que en nuestro país se usa desde hace muchos años para el diseño de pavimentos flexible el AASHTO 93, por lo cual es necesario abordar y desarrollar nuevas alternativas más en concordancia con las necesidades actuales de los pavimentos flexibles, sin embargo, no se espera introducir las alternativas al medio, pues se trata de un objetivo demasiado ambicioso y que demandaría una inversión de tiempo y recursos que exceden la capacidad de la presente investigación. También hacerse del conocimiento de los métodos y las alternativas de diseño en pavimentos flexibles en las que ya se utiliza la metodología mecanicista-empírica, ya que en estas se realiza una mejor caracterización de los materiales (uso de los módulos elásticos), consideraciones reales del tránsito (pesos de los vehículos) y la utilización del factor climático (temperatura ambiental); para que los diseños que se realizan sean acordes a condiciones de la zona.

Batista (2014) realizó el “Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG)”. Universidad Central “MARTA ABREU” de las VILLAS facultad de construcciones departamento de ingeniería civil. Cuba. El problema planteado fue ¿Cuál será La tendencia internacional que se orienta al desarrollo de métodos empírico-mecanicista de diseño de pavimento? Sobre esta base se analiza la posibilidad de chequear las estructuras de pavimento diseñadas, actualmente en CUBA. La presente investigación es de tipo descriptivo correlacional porque busca la relación con los diferentes métodos empíricos. El proyecto investigado “Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG)” es un trabajo proyectado hacia los resultados de esta etapa, se logra establecer un procedimiento de comprobación de algunos de los criterios de la mencionada guía

haciendo especial énfasis en las modificaciones que deben ser incluidas en el software para comenzar su adaptación a las condiciones de nuestro país. El objetivo es establecer una metodología para la introducción paulatina de la guía de diseño MEPDG 2004 como herramienta de chequeo de diseño de estructuras de pavimento flexible.

Objetivos específicos de la investigación: Analizar el estado actual del conocimiento sobre el tema del diseño de estructuras de pavimento flexible para determinar cuáles son las tendencias investigativas contemporáneas y definir la línea de trabajo a seguir. Definir criterios de chequeo para estructuras prediseñadas por la norma cubana que tomen en consideración las principales ventajas de los métodos de diseño de la guía AASHTO 2004. (Modelar mediante el software MEPDG V 1.0) estructuras de pavimento flexible previamente diseñadas por la norma cubana, para chequear el comportamiento ante la acción de las cargas de tráfico real durante su vida útil. Establecer una propuesta de valores admisibles para las patologías (roderas y piel de cocodrilo). Proponer una metodología para el uso del software MEPDG v1.0 como herramienta de chequeo para estructuras de pavimentos flexibles diseñadas a partir de los criterios de la norma cubana vigente. Los desarrollos empíricos tienen su origen en bases de datos reales conformadas a partir de pavimentos existentes, en este se correlaciona el comportamiento de los pavimentos in-situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (subrasante), la calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo. Todos estos factores son controlados y medidos

durante las fases de estudio para correlacionarlos con los mecanismos de degradación y crear así el método de diseño.

Fontalba (2015). En la tesis: “Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° etapa”, para optar el título de Ingeniero Civil en obras Civiles. Universidad Austral de Chile, facultad de ingeniería, En la presente investigación tiene como objetivo general: Para poder proyectar un pavimento flexible en la Avenida Circunvalación en el sector de Guacamayo en la primera Etapa que está en función a las solicitudes en el tráfico. La metodología será de tipo aplicada, con un Nivel Descriptivo y llega a la conclusión de la investigación de la zona a intervenir analizando primeramente la calidad del suelo que fue optima en todo el recorrido presentando un estudio de CBR con una calificación de optima siendo mayor al CBR de diseño. Para el sector en el cual hay una presencia de humedades del suelo tratado antes de iniciar una preparación de la subrasante y una posterior pavimentación. El tráfico vehicular queda claro un sector de alto flujo de vehículos pesados que proviene de deferentes plantas forestales de la zona. Estos vehículos son los principales causantes del deterioro actual de la vía, por lo que con una estimación y una consideración nos determina un diseño que pueda cumplir unas características de calidad del pavimento. En el diseño propiamente planteada son capas de distintas características que nos entregaran una óptima seguridad en el diseño que pueda ser capaz de soportar un alto tráfico dentro de su vida útil.

Villacis (2014). En la tesis: “Manual práctico de optimización para la revisión de estudios de diseño de pavimentos”, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Internacional del Ecuador, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Quito, Ecuador. En la presente investigación tiene como objetivo general: Para poder desarrollar un manual que pueda permitir analizar una

carretera u pueda contemplar una información metodológica y sistemática para las labores de una revisión de un estudio de diseño en pavimentos. Aplicando una Metodología de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y llegando a la conclusión se elabora un resumen de los criterios para un diseño del pavimento flexible, un diseño para pavimentos rígidos y otro diseño para pavimentos articulados de una forma sintética y con una referencia directa pertenecientes a normas para sus diseños. Proponiendo un nuevo diseño en obras de pavimentos, con fórmulas que puedan guiar en los diferentes procesos y adicionando así un flujograma que lo que nos indica secuencialmente las diferentes actividades que indica secuencialmente las actividades que deben realizarse en la revisión de estudios para diseños de pavimentos.

Salamanca y Zuluaga (2014). En la tesis: "Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Por Medio De Los Métodos INVIAS, AASHTO 93 E Instituto Del Asfalto Para La Vía La Ye- Santa Lucia Barranca Lebrija Entre Los Abscisas K19+250 A K25+750 Ubicada En El Departamento Del Cesar", para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. En la presente investigación tiene como objetivo general: Al diseñar las diferentes estructuras de un pavimento flexible que por medio de un método de INVIAS para los medios y los altos volúmenes de densidad vehicular diseñadas por el método del AASHTO 93 y con un diseño del instituto de asfalto en la vía de La Ye en distrito de Santa Lucia y la Provincia de Barranca de Lebrija con los puntos de las abscisas K19+250 a 25+750 en el departamento del Cesar. Bon una metodología de tipo Aplicada, nivel descriptivo con una conclusión de que la capacidad portante de la subrasante que estará apoyada en la estructura del pavimento para las dos condiciones, con un CBR menor al 3% con un alto índice de hinchamiento y un marginal para los tramos de 1,3 y 5 y con un

CBR promedio de 95% a una alta densidad mayor de 6% la cual corresponde a los diferentes sectores 2 y 4. Para las estructuras del pavimento están definidas por cada método evaluado la cual se basó en un diseño para una vida útil de 10 años para los pavimentos flexibles o con una equivalencia de que pueda acumular un número de ejes equivalentes de 8.2 ton para el diseño adoptado.

2.1.2. Nacionales

Pecho (2011), "Pavimentación Y Construcción De Veredas De La Zona Industrial – AA-HH Villa Hermosa Y De La Asociación De Vivienda La Esmeralda Del Distrito De Marcona-Provincia De Nazca": Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica Facultad De Ingeniería Civil; Ica – Perú. El objetivo central del proyecto consiste en las Adecuadas Condiciones para la Tránsito Vehicular y Peatonal en el AA.HH la Esmeralda, AA.HH Villa Hermosa y Zona Industrial del Distrito de Marcona.

El proyecto de "Pavimentación Y Construcción De Veredas De La Zona Industrial – AA - HH Villa Hermosa Y De La Asociación De Vivienda La Esmeralda Del Distrito De Marcona-Provincia De Nazca", permitirá recuperar el ornato y elevar el nivel de vida y confort de sus vecinos.

Asimismo la pavimentación de la Zona Industrial, AA.HH Villa Hermosa y la Asociación de Vivienda la Esmeralda del distrito de Marcona permitirá una mejor circulación de los vehículos de transporte particular y de servicio público, permitiendo con ello una mayor vida útil de las unidades vehiculares.

Con el estudio de suelos realizados en el presente proyecto, se ha llegado a la conclusión de que el terreno de fundación tiene una buena capacidad portante; que se encuentra por encima de 4 Kg/cm².

Se concluye; que la alternativa seleccionada luego de la evaluación realizada, la más eficiente sería la de un pavimento flexible y una carpeta de mezcla asfáltica en caliente.

Rengifo (2014), “Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”;

Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias e Ingeniería. Lima-Peru. El objetivo de esta tesis consiste en realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera Panamericana Norte.

Del diseño se concluye que, si bien las tres metodologías presentadas en esta tesis son aplicables, los resultados obtenidos varían debido al enfoque que presenta cada una de ellas.

Por ejemplo, para pavimento rígido, mientras que la metodología de la PCA contempla análisis por fatiga y por erosión, el método de la AASHTO sólo toma en cuenta el número total de ejes equivalentes que transitan por la vía y los niveles de serviciales requeridos al inicio y al final de la vida útil del pavimento. Los espesores de las capas del pavimento halladas por el primer método son menores que por el segundo. Este diseño pudo haberse obtenido, justamente por el análisis más detallado de los tipos de falla. Es así que mientras con la PCA se alcanzó un espesor de losa de concreto de 30 cm para una base de 15 cm, con la AASHTO se necesita de 33 cm de losa para satisfacer las mismas condiciones.

Reyes (2013), “Diseño del Pavimento Rígido en las Vías Urbanas en el Jr. Arzobispo del Valle Cuadras. 8,9 y Jr. Tarapacá Cuadras. 13 y 14, del Provincia de Jauja”;

Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Peru. Tiene como objetivos: La construcción del pavimento rígido de las vías urbanas en el Jr. Arzobispo del Valle Cuadras. 8,9 y Jr. Tarapacá Cuadras. 13 y 14, del Provincia de Jauja.

Concluye que el concreto que se utiliza en la construcción del proyecto deberá de llenar los requisitos estipulados en el diseño del mismo, y en las especificaciones que se ubiquen en los planos.

El factor económico será el factor de mayor influencia, para decidir la construcción de cualquier proyecto de infraestructura. Se recomienda que, para obtener datos verdaderos en la decisión, se haga un análisis económico que incluya no solamente el valor de la construcción inmediata, sino además los costos de mantenimiento sino son tomados en cuenta, puedan dar la pauta para determinar que un tipo de pavimento, puede dar un costo menor respecto a otro.

El uso de normas y procedimientos estandarizados por la AASHTO Y ASTM, y los requisitos establecidos en las normas peruanas, es lo más recomendable para la construcción de todo tipo de construcción vial, ya que ellos resumen los procedimientos que por largos periodos de prueba han evaluado de manera satisfactoria a los materiales. Es recomendable que toda persona que necesite evaluar materiales en laboratorio, consulte dichos reglamentos y haga sus ensayos según lo descrito, ya que las traducciones y traspaso de información puede cambiar la forma de ensayar los materiales, dando como resultado, datos incorrectos.

El diseño de un pavimento tiene como dato principal para el diseño, tránsito vehicular. La falta de datos confiables para el diseño, pueden dar como resultado, proyectos sobredimensionados que tengan costos mucho más altos de lo permisible, o proyectos que no cumplen con el periodo de servicio para el que fue diseñado. Para evitar lo anterior se recomienda llevar conteos periódicos de tránsito vehicular, no muy frecuentes, pero si periódicos, para obtener datos confiables para el diseño.

Aguilar (2013), "Construcción De Pavimento Rígido En Los Jirones Alfonso Ugarte Y Bolognesi En El Barrio Conchapata – Provincia

De Huamanga – Región Ayacucho”; Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Perú. Tiene como objetivo el de mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en los Jr. Alfonso Ugarte y Bolognesi en el Barrio Conchapata en la provincia de Huamanga, Ayacucho.

Concluye: Con el procedimiento y cálculos efectuados, utilizando la metodología AASTHO 93, se consiguió diseñar el paquete estructural del pavimento rígido para los jirones Alfonso Ugarte y Bolognesi en el barrio Conchapata en Ayacucho.

El uso del método ASSHTO 93, demuestra su vigencia y aplicabilidad para los pavimentos rígidos que se diseñen en nuestra ciudad.

La ejecución de este proyecto, permitirá mejorar la transitabilidad vehicular y la accesibilidad peatonal, proporcionándoles mayor seguridad en su desplazamiento a los pobladores de la zona.

Asimismo, disminuirá el índice de contaminación ambiental que se producía por el polvo, por ende, mejorando sustancialmente, la calidad de vida de los pobladores.

Sarmiento y Arias (2015). Realizó la tesis titulada: “Análisis y diseño vial de la avenida MARTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA”. El principal problema que presenta la vía son los daños existentes en la capa de rodadura que se podrán visualizar, los cuales son ocasionados por el aumento del flujo de vehículos livianos como autos y camionetas, y por la generación de un nuevo flujo de tránsito de vehículos pesados. El estudio es de tipo de investigación experimental, la población y muestra total estuvo conformada por la avenida MÁRTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA. Las metodologías usadas fueron AASTHO 93.

Los resultados fueron: Al finalizar se llegó a la siguiente conclusión en cuanto a el método AASTHO 93, se puede decir que este último es una herramienta más completa para el análisis y diseño de pavimentos ya que, en primer lugar, dejando atrás al método ESAL, se puede analizar los daños de diversos vehículos de manera individual como la deformación permanente y el agrietamiento por fatiga. Asimismo, el AASTHO 2008 exige datos de entrada o inputs del clima, materiales, tráfico específicamente de la zona en donde se va a llevar a cabo la construcción de la vía. Para obtener todo esto, primero se necesita implementar modelos de deterioro de pavimentos para poder predecir fallas como fatiga, deformación, ahuellamientos, deformación térmica, etc. También desarrollar base de datos climáticos detallados para diferentes regiones, desarrollar base de datos de espectro de carga para diferentes vías, mediciones de coeficientes de expansión térmica, desarrollar base de datos de módulos resilientes.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la investigación

2.2.1.1 Pavimentos

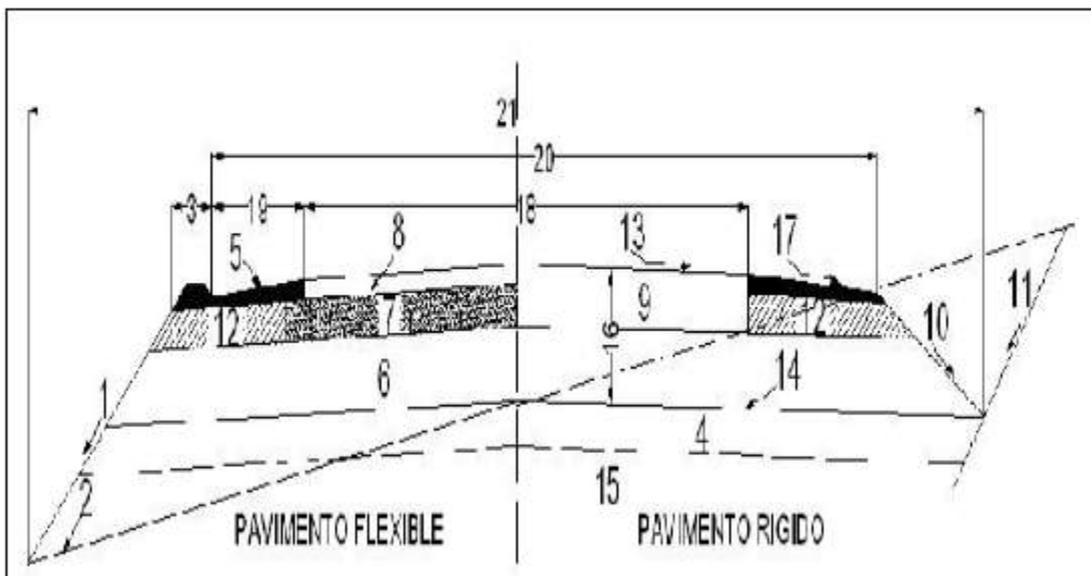
En concepto de pavimentación se puede explicar cómo la acción de proporcionar superficies adecuadas, para el tránsito de vehículos y personas en los espacios (áreas) de circulación de un loteo (calles y pasajes).

La pavimentación, en realidad es sólo una parte del proyecto, el cuál como toda obra vial incluye otras especialidades complementarias entre sí, que han de ser motivo de estudio, diseño y materialización, entre las que destacan: geometría (alineamientos geométricos y sección transversal), infraestructura u obra básica, superestructura (pavimentación propiamente tal), obras de drenaje y saneamiento, elementos de control, seguridad, iluminación y señalización, estructuras y obras

de protección, y finalmente obras especiales, así como pavimento, es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

Un pavimento es un elemento estructural formado por varias capas paralelas de espesor y calidad diferentes que, se colocan sobre el terreno natural nivelado, perfilado y compactado para soportar un tráfico previsto en un periodo de tiempo dado.

Figura 4- Elementos de un pavimento (flexible y rígido).



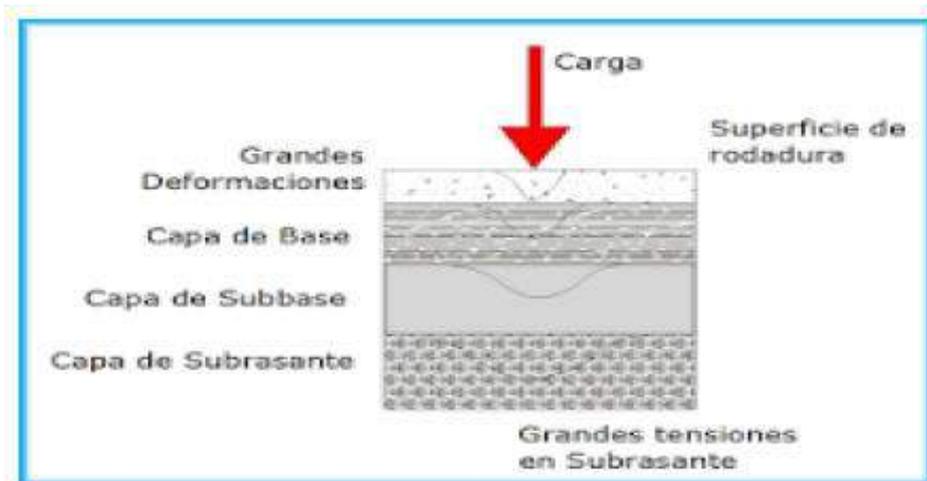
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 04, se tienen los siguientes elementos constitutivos, que conforman la sección de construcción de un camino:

1. Talud en terraplén
2. Nivel de la superficie natural de terreno

3. Bordillo
4. Capa subrasante
5. Material asfáltico en el acotamiento lateral
6. Subbase
7. Base granular
8. Carpeta asfáltica
9. Losa de concreto hidráulico
10. Cuneta de la sección en corte
11. Talud de la cuneta en la sección en corte
12. Material de base en el acotamiento
13. Bombeo de la corona
14. Nivel de la subrasante
15. Nivel de las terracerías
16. Estructura del pavimento
17. Superficie asfáltica para el acotamiento
18. Carriles de circulación, ancho de calzada
19. Acotamientos
20. Ancho de corona
21. Ancho total del camino.

Figura 5- Estructura típica de un pavimento (flexible y rígido).



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura N° 05, podemos decir que, un pavimento está formado de arriba hacia abajo por:

- 1.- La superficie de rodadura, que, en el caso de los pavimentos rígidos, es también el principal elemento estructural.
- 2.- La base, que puede ser de agregados aglomerados o sin aglomerar.
- 3.- La sub-base
- 4.- La sub – rasante

2.2.1.2 Diseño de pavimentos

Es el proceso por el cual los componentes estructurales carpeta, losa, base, subbase y subrasante de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico y las condiciones de mantenimiento.

En forma resumida, el diseño de la estructura del pavimento es, establecer espesores y rigideces de los materiales para mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro y confort.

Etapas del diseño de pavimentos:

- ✓ Estudio de la subrasante.
- ✓ Definición del tipo de superficie de rodadura y los componentes estructurales
- ✓ Selección de los materiales
- ✓ Estudio de tráfico
- ✓ Sectorización del tramo
- ✓ Diseño de los espesores de cada capa
- ✓ Análisis del ciclo de vida
- ✓ Determinación del tipo de pavimento y de los espesores finales.

Funciones de la estructura de pavimentos:

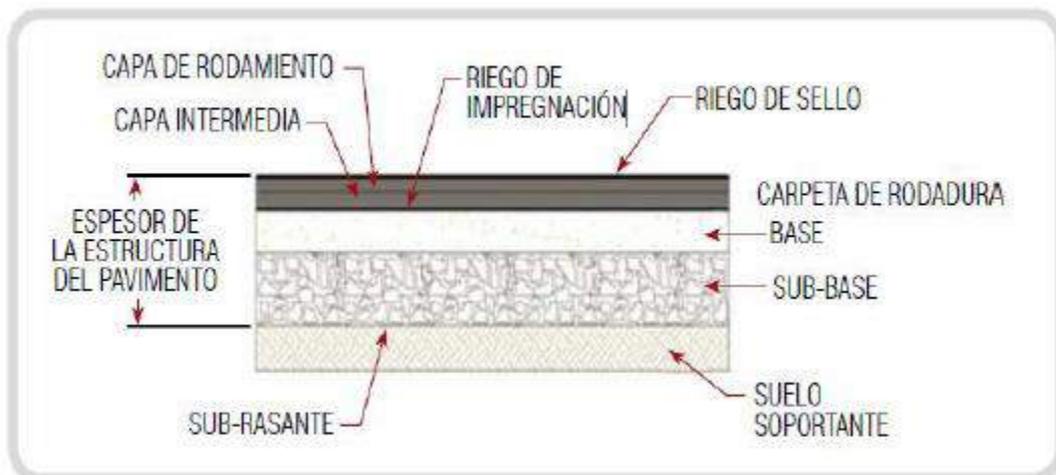
- ✓ Proporcionar a los usuarios circulación segura, cómoda y confortable sin demoras excesivas.
- ✓ Proporcionar a los vehículos acceso bajo cualquier condición de clima.
- ✓ Reducir y distribuir la carga de tráfico para que esta no dañe la subrasante.
- ✓ Cumplir requerimientos medio ambientales y estéticos.
- ✓ Limitar el ruido y la contaminación del aire.

Clasificación de pavimentos: Los tipos de pavimentos son los siguientes.

- ✓ Pavimento flexible
- ✓ Pavimento semiflexible
- ✓ Pavimento semirrígido
- ✓ Pavimento rígido

1.- Pavimento flexible: Es una estructura compuesta por capas granulares subbase, base y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y, de ser el caso, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

Figura 6- Estructura de un pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Pavimento semiflexible: Compuestos por una base y una carpeta asfálticas, estando constituidos por una intermedia y otra de rodadura; cuentan con una sub-base granular.

3.- Pavimento semirrígido:

Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

4.- Pavimento rígido: Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

Figura 7- Estructura de un pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.3 Factores de diseño de pavimentos

1.- Estudio topográfico: Se desarrolla bajo los fundamentos de la norma DG-2001 que es el manual de diseño geométrico de carreteras y bajo el plan de desarrollo urbano y diagrama vial en el caso de vías urbanas. Están compuestos básicamente por los planos de ubicación, localización, planta, perfil longitudinal, secciones de vía acorde al tipo de vía en estudio y demás detalles.

2.- Estudio de suelos canteras y fuentes de aguas, subrasante y/o terreno de fundación: Los trabajos relacionados al comportamiento de los suelos no son tomados en cuenta para una evaluación completa de transmisión de cargas a las masas de suelos; solo se basan en la determinación de la capacidad de carga como insumo de diseño, dejando de lado los problemas de deformación a lo largo del tiempo y solo evaluando la estabilidad de los suelos y cargas.

Canteras: El número de pozo de exploración está determinado por volumen del material, cuyas frecuencias

están definidas en la norma E.M-2000 Manual de ensayo de materiales para carretera los ensayos a considerar son los siguientes, los mismo que para subrasante abrasión los Ángeles, equivalente arena, partículas en una y dos caras facturadas, partículas chatas y alargadas, sales solubles totales.

Fuentes de agua: Básicamente las fuentes de agua en un proyecto vial cumpliendo funciones, la primera para alcanzar los niveles óptimos en los materiales a compactar y en segundo lugar, para elaborar concreto, siendo el concreto quien requiere mayor calidad de agua los análisis físico químicos deben estar enfocados a dichos parámetros.

CBR de diseño: El ensayo de CBR, es una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración y trata de un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo a la penetración y un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, subbase y base para uso en carreteras y aeropuertos que por sí mismo, no representa una propiedad fundamental del material.

Sería inadecuado y poco práctico ejecutar una sección de pavimento por cada tipo de suelo representativo, por ello es importante definir un CBR representativo, cuyo valor represente un equilibrio entre la estabilidad de la estructura y su economía que se le denomina CBR de diseño.

El procedimiento sugerido para la determinación de CBR de Diseño, es el de los percentiles cuyos valores fueron establecidos por el instituto norteamericano del asfalto.

En caso de la norma peruana MTC. 2012. Se considera un material apto para ser considerado como subrasante cuando su CBR $\geq 6\%$. Si tiene un CBR menor se debe plantear el mejoramiento o reemplazo de dicho suelo, el CBR de diseño se calcula de acuerdo a los siguientes pasos:

- ✓ En los sectores con 6 a más valores de CBR realizado se determinará, el valor de CBR de diseño en base al promedio del total de los valores analizados por sector.
- ✓ En los sectores con menor 6 CBR realizados se determinará con base a lo siguiente:
 - Si los valores son parecidos o similares tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares tomara el valor critico (el más bajo)
- ✓ Una vez definido el valor de CBR de diseño para cada sector de características homogéneas se clasificará en que categoría de subrasante pertenece según el siguiente cuadro:

Tabla 1 – Categorías de subrasante según CBR.

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante pobre	CBR $\geq 3\%$ a CBR < 6%
S ₂ : Subrasante regular	CBR $\geq 6\%$ a CBR < 10%
S ₃ : Subrasante buena	CBR $\geq 10\%$ a CBR < 20%
S ₄ : Subrasante muy buena	CBR $\geq 20\%$ a CBR < 30%
S ₅ : Subrasante excelente	CBR $\geq 30\%$

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Percentiles:** son valores estadísticos, resultantes de la ponderación y organización de valores objetivos, en el caso de pavimentos, se emplea para determinar el CBR de principal criterio el equilibrio económico, el instituto del asfalto norteamericano sugiere el siguiente cuadro:

Tabla 2 – Valor Percentil según ESAL.

ESAL	VALOR PERCENTIL
Menor de 10000	60%
Entre 10000 y 1000000	70%
Mayor a 1000000	87.5%

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Módulo de Resiliencia:** Las metodologías actuales de diseño de pavimentos reconocidas por nuestras normas requieren del módulo de resiliencia o módulo resiliente; como dato de diseño que representa la capacidad de soporte del terreno el módulo de resiliencia MR representa el módulo de elasticidad del terreno. De las diversas investigaciones se concluye que un módulo de resiliencia de 30000 PSI corresponde a un CBR del 100%.

Tabla 3 – Cálculo de módulo resiliente.

Cuando CBR < 7.2%	$MR=1500 \times CBR$
Para CBR DE 7.2 a 20%	$MR=3000 \times CBR^{0.65}$
Para suelos granulares	$MR=4326 \times \ln(CBR+241)$

Fuente: Elaboración propia.

3.- Hidrología y drenaje: Dentro de los factores que interactúan como una estructura de tránsito tenemos el

aspecto climático, que es calculado por medio de la hidrología y controlado por medio del drenaje.

Clasificación: de acuerdo a los lineamientos de pro vías descentralizadas tenemos dos grupos:

- ✓ Por el sentido de escorrentía: De acuerdo a este criterio tenemos el sistema longitudinal que discurre paralelo al eje de la vía (subdrenes, cunetas, zanjas de coronación etc. y el drenaje transversal cuyo sistema permite que las aguas discurren perpendiculares a los ejes de la vía (pontones, alcantarillas, bombeo, etc.).
- ✓ Por la cota: Se tiene básicamente al drenaje superficial y al drenaje subterráneo, pendiente ser estos longitudinales o transversales.

4.- Estudio de tráfico: El tráfico es uno de los factores más importante, su correcta determinación depende de muchos factores que puedan conducir a una estimación inadecuada del mismo, los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalente en el periodo de diseño de pavimentos.

Objetivos:

- ✓ Determinar la cantidad de vehículos según tipo.
- ✓ Determinar el origen y destino.
- ✓ Calcular el tipo de deterioro que produce cada vehículo y el conjunto de ellos.
- ✓ Identificar el comportamiento y variaciones horarias.
- ✓ Proporcionar parámetros de diseño y evaluación de las vías en estudio.

- ✓ Opcionalmente puede verificarse el estado mecánico, antigüedad y probabilidades de renovación del parque automotor.

Tipos de tráfico: Los manuales y normas nacionales homologadas a normas del AASHTO consideran tres tipos principales de tráfico.

- ✓ Tráfico normal: Esta referido a los vehículos que circulan por la vía en estudio y que son identificados en el proceso del conteo.
- ✓ Tráfico generado: Es un valor estimado de los posibles nuevos vehículos que circularan por la vía a consecuencia de las mejoras económicas y bienestar que generara la infraestructura, cuando se construye o apertura una carretera el tráfico es generado.
- ✓ Trafico desviado: Está compuesto por vehículos que originalmente usaban otra vía o vías alternas y que modifican su ruta debido a la ejecución de mejoras de la vía en estudio.

Ubicación de estaciones: Estación de control o conteo, es el punto donde se efectúan la medición de volúmenes de vehículos, el principal criterio para la ubicación de estaciones es tener una estación entre dos puntos de importancia, los peajes son puntos de control que entre sus funciones principales tiene la de realizar el conteo y clasificación del tráfico.

En primer lugar, se necesita el plano clave del proyecto seguido del plano de ubicación y localización dentro del contexto del diagrama vial (carreteras) o dentro del sistema vial de una ciudad.

2.2.1.4 Diseño estructural de pavimentos rígidos

1.- Método AASHTO 1986/1993: El método tradicionalmente utilizado para diseñar pavimentos es el basado en la metodología AASHTO, la que ha sido actualizada en varias ocasiones, siendo la última versión la del año 1998. En esta metodología, se utilizan relaciones entre los parámetros que por iteración permiten determinar un espesor de losa de hormigón como diseño.

El método AASHTO 93, estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final, que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Factores de diseño: El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio. La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{82} = Z_R + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{L + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 \\ - 0.32 P_T) \times \log_{10}\left(\frac{M_R C_{dx}(0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/K)^{0.25}})}\right) \end{aligned}$$

Dónde:

W8.2 : Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño.

Zr : Desviación normal estándar.

S0 : Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D : Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

Pt : Índice de serviciabilidad o servicio final.

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

Cd : Coeficiente de drenaje.

J : Coeficiente de transmisión de carga en la juntas.

Ec : Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa.

K : Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Procedimiento de diseño: El procedimiento de diseño de un pavimento rígido utilizando el método AASHTO, es el siguiente:

- ✓ Estimar el período de diseño.
- ✓ Estimar el tráfico para el Periodo de diseño (W18).

- ✓ Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar total S_o .
- ✓ Establecer el módulo de reacción efectivo de la subrasante k .
- ✓ Determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño.
- ✓ Obtener el espesor de la losa D (ábaco o fórmula).

2.2.1.5 Juntas en los pavimentos rígidos

Según Montejo (2010). “En las losas de un pavimento rígido se presentan diversas clases de esfuerzos. Los más elevados son los generados por la circulación de los vehículos sobre ellas, los cuales se controlan con el correcto diseño del espesor de las losas, con la selección adecuada de la resistencia del concreto y con una calidad en la construcción tal que las propiedades determinadas durante el diseño se cumplan.”

Otros esfuerzos generados en el pavimento se deben a los movimientos de contracción o expansión del concreto ya las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa. Estos esfuerzos se controlan con una adecuada selección de las dimensiones superficiales de las losas, en otras palabras, diseñando las juntas del pavimento.

Las juntas, transversales y longitudinales, se construyen para impedir que se presente fisuración del pavimento.

“Además, los análisis de los esfuerzos generados en las losas, por cargas colocadas en diferentes posiciones, han demostrado que estos son mayores en las cercanías de los bordes de las losas y, aún más en sus esquinas, de lo cual se concluye que las juntas inducen en el pavimento rígido unas zonas de debilidad relativa, por lo que en su concepción se deben diseñar los mecanismos o tomar las

precauciones necesarias para mantener su integridad estructural” (Montejo, 2010).

Finalidad de las juntas:

a) Por requisitos de construcción. Lo más frecuente es construir los pavimentos rígidos por carriles, generándose juntas longitudinales, con una separación determinada mediante un diseño realizado con criterios técnicos.

Además de la junta longitudinal descrita, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación.

“Pero esta interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final. El tiempo en que esto sucede depende de las propiedades del concreto, del empleo o no de aditivos retardantes y de las condiciones climáticas” (Montejo, 2010).

b) Retracción del concreto. El concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco, debido fundamentalmente a las reacciones de hidratación que ocurren durante el fraguado y, en forma secundaria, al enfriamiento producido por el desprendimiento de calor originado en dicha reacción.

“La retracción lineal de un elemento de concreto es tanto mayor cuanto menor sea la relación entre su volumen y su área superficial; en el caso de las losas de un pavimento esta relación es muy pequeña, debido al bajo

espesor de ellas comparado con su superficie y, por lo tanto, se presenta una retracción longitudinal considerable” (Montejo, 2010).

c) Dilatación térmica. “El aumento de temperatura en el concreto ocasiona, en ausencia de restricciones, un incremento en su volumen; y por ser las losas del pavimento elementos de poco espesor en relación con su área superficial, este aumento de volumen es más notorio en su dimensión longitudinal”. “Si existe confinamiento (es decir, si se impide el aumento de longitud), se introducen necesariamente esfuerzos de compresión, los cuales, aunque son bien resistidos por el concreto, tienen efectos secundarios perjudiciales, como producir alabeo en las placas e introducir esfuerzos en las estructuras colocadas dentro del pavimento (tapas de alcantarillas, por ejemplo) o colindantes con él (puente, intersecciones con otras vías, etc.)” (Montejo, 2010).

d) La aparición de fisuras. Por alabeo tienen su origen cuando el concreto ha endurecido, y se somete a los cambios diarios de las condiciones climáticas, entonces se inducen esfuerzos debido a los gradientes de humedad y temperatura. En su día caluroso, la superficie del pavimento tiene mayor temperatura que su apoyo, obligando a las losas a levantarse en el centro y apoyarse en los extremos, lo que produce esfuerzos que pueden generar nuevas fisuras; en la noche, el fenómeno se invierte y los esfuerzos de tracción se desarrollan en la cara inferiores del pavimento.

“Para minimizar el efecto de la dilatación térmica de las losas de concreto se han desarrollado las “juntas de Expansión”, que son discontinuidades transversales en

las losas, con una separación suficiente como para permitir el movimiento longitudinal de éstas” (Montejo, 2010).

2.2.1.6 Costos de construcción de pavimentos rígidos

“La elaboración de los costos es uno de los factores más importantes que se debe tener en cuenta en la construcción de obras, con la finalidad de saber el precio total de una obra, el cual es producto de la sumatoria de distintos ítems componentes del presupuesto total de obra. Es indispensables realizar el análisis de precios unitarios de cada una de las actividades con sus incidencias directas e indirectas. Costos y Presupuestos de Edificación (CAPECO)”.

sus incidencias directas e indirectas. Costos y Presupuestos de Edificación (CAPECO).

Costos directos: El costo directo se conforma de tres componentes que dependen del tipo de actividad que se está realizando el costo. La estructura que tienen los Costos Unitarios en cada Ítem de construcción, está conformada por:

- ✓ Materiales e Insumos
- ✓ Mano de Obra.
- ✓ Maquinaria y Equipo

Costos indirectos: Los costos indirectos son los gastos que por su naturaleza son de aplicación a las obras ejecutadas en un tiempo determinado, comprendiéndose dentro de los siguientes aspectos:

- ✓ Beneficios Sociales y de Trabajo.

- ✓ Amortización o alquiler de maquinaria, equipo y herramientas.
- ✓ Gastos generales.

2.3. Marco Normativo

Para el desarrollo de la investigación, se tuvo en cuenta las siguientes normas de diseño.

Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos: La presente se denomina Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos, tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú.

Esta norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario.

2.4. Definición de términos

1. Base: “Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, ó de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante”. Norma, CE.010. (2010).

2. **Capa Asfáltica de Superficie:** “Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura. Norma”, CE.010. (2010).
3. **Capa de Base Asfáltica:** “Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra”. Norma, CE.010. (2010).
4. **Capa de Sub-Rasante:** “Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas”. Norma, CE.010. (2010).
5. **Coeficiente de Capa (ai):** “Número expresado en unidades de 1/pulg, o 1/cm, que representa la resistencia relativa de los materiales de construcción, que forman parte del pavimento”. Norma, CE.010. (2010).
6. **Coeficientes de Drenaje Cd y mi:** “Son los parámetros que representan en la metodología AASHTO de 1993 a las características de drenabilidad de un material granular empleado como base o sub-base y se expresan como Cd para pavimentos rígidos y como mi para pavimentos flexibles y cuyo valor depende del tiempo en que estos materiales se encuentran expuestos a niveles de humedad cercana a la saturación y del tiempo en que drena el agua”. Norma, CE.010. (2010).
7. **ESALS de Diseño:** “Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Período de Diseño. El procedimiento

usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el período de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego”. Norma, CE.010. (2010).

8. Espesor de Diseño: “Es el espesor de cada capa del pavimento, determinado en el diseño”. Norma, CE.010. (2010).

9. Espesor Efectivo: “El espesor efectivo de cada capa de un pavimento existente se calcula multiplicando su espesor real por los correspondientes factores de conversión, según el método de diseño”. Norma, CE.010. (2010).

10. Estructura del Pavimento Asfáltico: “Pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada”. Norma, CE.010. (2010).

11. Estudio de Cargas: “Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados”. Norma, CE.010. (2010).

12. Factor Camión: “Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos”. Norma, CE.010. (2010).

- 13. Factor de Equivalencia de Carga:** “Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN”. Norma, CE.010. (2010).
- 14. Imprimación Asfáltica:** “Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie”. Norma, CE.010. (2010).
- 15. Índice de Serviciabilidad Final (pt):** “Se establece como la condición de la superficie del pavimento que no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario y corresponde al valor más bajo antes de que sea necesario rehabilitar o reconstruir un pavimento”. Norma, CE.010. (2010).
- 16. Índice de Serviciabilidad Inicial (po):** “Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación”. Norma, CE.010. (2010).
- 17. Módulo de Resiliencia o Módulo Resiliente (Mr):** “Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos”. Norma, CE.010. (2010).
- 18. Módulo de Rotura (MR):** “Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios”. Norma, CE.010. (2010).

19. Nivel de Servicio PSI: “Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía”. Norma, CE.010. (2010).

20. Número Estructural (SN): “Es un número adimensional abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerida para un número de combinaciones de soporte del suelo (MR), ESALs, Δ PSI, y mi. El SN requerido puede ser convertido a espesores reales de carpeta de rodadura base y sub-base, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción”. Norma, CE.010. (2010).

21. Pavimento: “Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías”. Norma, CE.010. (2010).

22. Pavimentos Flexibles (Pavimentos Asfálticos): “Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltica mezcla en caliente, concreto asfáltica mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micropavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares”. “El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth®), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico

construidos directamente sobre la sub-rasante”. Norma, CE.010. (2010).

23. Pavimentos Semi Flexibles (Intertrabados): “Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible”. Norma, CE.010. (2010).

24. Pavimentos Rígidos (De Concreto Hidráulico): “Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.)”. Norma, CE.010. (2010).

25. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI): “Es el cambio en la serviciabilidad de una vía durante el período de diseño y se define como la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (p_o) y final (p_t)”. Norma, CE.010. (2010).

26. Período de Diseño: “Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento”. Norma, CE.010. (2010).

27. Rasante: “Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía”. Norma, CE.010. (2010).

28. Serviciabilidad: “Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados”. Norma, CE.010. (2010).

29. Sub-Rasante: Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante. Norma, CE.010. (2010).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Los parámetros de diseño influyen significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín

2.5.2. Hipótesis específicos

a) El índice medio diario influye significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

b) La resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) influye significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

c) La propuesta de la estructura del pavimento rígido influye significativamente para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

Variable Independiente

X = Parámetros de diseño.

Variable Dependiente

Y = Diseño del pavimento rígido.

2.6.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

Tabla 4 – Variables de investigación.

Variable Independiente	Variable Dependiente
Parámetros de diseño	Diseño del pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 5 – Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Parámetros de diseño	Independiente	Perfil estratigráfico	Metros	Laboratorio de mecánica de suelos
		Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107	gramos	
		Humedad Natural MTC E 108	%	
		Límites de consistencia MTC E 111 - 112	adimensional	
Parámetros de diseño	Independiente	Ensayo de Proctor Modificado MTC E-115	Kg/cm ²	Laboratorio de mecánica de suelos
		Ensayo de CBR MTC E-133	%	
Diseño del pavimento rígido	Dependiente	Estudio de volumen vehicular	unidades	En campo mediante conteo vehicular.
		Diseño de las capas del pavimento	metros	En gabinete mediante procesamiento de datos

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En el desarrollo de la investigación se utilizó el método científico, dado que el conocimiento científico intenta establecer relaciones causales entre variables expresadas, primero en forma de hipótesis y, después en forma de leyes y teorías, la investigación científica sólo puede justificarse por la aplicación rigurosa de los métodos y procedimientos que, en conjunto, integran el método científico, cuya estructura básica constituye la única garantía del conocimiento científico. Pimienta y De la Orden (2012)

3.2. Tipo de Investigación

La investigación desarrollada correspondió al tipo de investigación aplicada, puesto que, la investigación aplicada tiene como objetivo principal la búsqueda y consolidación del saber, así como la aplicación de los conocimientos para acrecentar el conocimiento cultural y científico y la producción de tecnología al servicio de la sociedad. Pimienta y De la Orden (2012)

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo. En la investigación descriptiva se describe una situación o fenómeno observable y se proponen, según información verificable, unas condiciones posibles que respondan al problema estudiado. Fuentes et al (2020)

3.4. Diseño de investigación

El diseño que se utilizó en el trabajo de investigación es no experimental. La investigación no experimental se define como aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hace la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Los estudios no experimentales buscan estudiar el problema en las condiciones naturales del entorno a partir de la

observación o haciendo uso de instrumentos de medición, analizando, describiendo y comparando el comportamiento de la variable dependiente con relación a la independiente. Fuentes et al (2020)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población “es el universo de estudio de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados, y está constituida por características o estratos que le sirven para distinguir a los sujetos unos de otros” (Chávez, 2009). La aplicación del trabajo de investigación tiene como población la red vial de la zona urbana del distrito de Yauli en la Provincia de Jauja, departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

La muestra “es una porción o un subconjunto de la población que selecciona el investigador como unidades o elementos para el estudio para obtener información confiable y representativa” Fuentes et al (2020). La aplicación del trabajo de investigación tiene como muestra las calles del Jr. Primavera, Jr. Túpac Amaru y Jr. Ramón Castilla, los cuales se encuentran dentro del radio urbano del distrito de Yauli, Provincia de Jauja en el departamento de Junín.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se describen los instrumentos y técnicas que se emplearon en la investigación.

Técnicas	Instrumentos	Usos
Análisis de documentos	Antecedentes similares al proyecto a investigar	Analizar e interpretar la información para comprender y explicar los resultados que se pudieran obtener
	Libros de pavimentación	
	Normativa MTC	
	Normativa AASHTO	
Codificación de calicatas	Artículos científicos	Obtener muestras codificadas para llevar un control exhaustivo y lograr la
	Fichas técnicas	
	Rotulado de cada espécimen	

	Lista de control	caracterización más precisa de la información
Codificación de vehículos	Lista de conteo vehicular	Obtener un conteo preciso y detallado de los vehículos
	Lista de control	
Medición geométrica	Cinta métrica	Conocer el perfil del terreno

3.7. Procesamiento de la información

A continuación, se presentan las técnicas empleadas en el procesamiento de la información recolectada en el desarrollo de la investigación.

Técnicas	Programas	Uso
Procesamiento de datos	Microsoft Excel	Permite elaborar cuadros comparativos, exportación de datos, presentación de presupuestos.
	Microsoft Word	Para la presentación de avances y presentación final del proyecto.
	AutoCAD	Para la realización de planos.
	Google maps	Para obtener una ubicación exacta de las localidades y posición de cada calicata.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como autocad, hojas Excel, Word, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones y estas se puede apreciar en los anexos respectivos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados específicos

4.1.1. Resultados del cálculo del índice medio diario para el diseño del pavimento rígido

a.- Estudio de tráfico: La metodología del trabajo de campo desarrollada en la presente investigación, se basó en las observaciones realizadas en la zona de trabajo durante el desarrollo de los trabajos de ingeniería básica y las recomendaciones del “Manual para Estudio de Tráfico”, dichos trabajos consistieron en conteos de tránsito vehicular.

Dentro de las actividades que han tenido que llevarse a cabo, para el desarrollo normal del estudio:

- Etapa de planificación
- Etapa de organización
- Etapa de ejecución
- Etapa de Procesamiento.

Para el desarrollo de los conteos, que permitan conocer el volumen de tránsito que soporta la vía, así como su composición, se procedió a ubicar la estación de control en el Jr. Primavera. Las labores de conteo y clasificación en el campo se desarrollaron de forma continua, las 24 horas del día durante 7 días de la semana.

El estudio de tráfico está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico para utilizar en la evaluación ESAL del diseño.

Las características principales de tránsito que se relacionan con el diseño de pavimento rígido son el número de pasadas de ejes y la importancia de las cargas. Las cargas más pesadas por eje que se

esperan durante el periodo de diseño, son las que definen los esfuerzos a los que van a estar sometidos dicho pavimento.

Los valores de tránsito a obtener se clasifican así:

TPD: Transito promedio diario en ambas direcciones

TPD-C: Transito promedio diario de vehículos pesados en ambas direcciones

Cargas por eje de los vehículos pesados.

El dato necesario para obtener el tránsito de diseño, consiste en asumir tasas de crecimiento anual que relacionen factores de proyección de acuerdo a la vida útil del pavimento rígido, el cual generalmente oscila entre 10 y 20 años, siendo el recomendable de 20 años.

Para el análisis de la composición de los vehículos, se clasificaron en vehículos ligeros (station, camionetas, combi) y vehículos pesados (camiones de 2 ejes, 3 ejes y otros).

En las tablas siguientes se presentan los resultados de los recuentos de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos. Los resultados están expresados en cifras absolutas y el total en ambos sentidos.

Tabla 6 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 01).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA											Ubicación		Progresiva 0+000			
Cod. Estación		Estación N° 01											Sentido		Ambos sentidos			
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra Jr. Primavera											Día		Domingo		Fecha	05-ene-20
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	1.73
01-02		3.00	-	-	-	-		1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	2.31
02-03	1.00	2.00	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	3.47
03-04	1.00		-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	1.73
04-05	1.00	1.00	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	2.31
05-06	1.00	3.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
06-07	1.00	2.00	-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	3.47
07-08	13.00	4.00	-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.00	10.40
08-09	2.00	3.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	4.05
09-10	5.00	4.00	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.00	6.36
10-11	2.00	1.00	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
11-12	3.00		-	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	4.05
12-13	2.00	3.00	-	-	-	-	1.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	5.78
13-14		2.00	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
14-15		2.00	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
15-16	1.00		-	-	1.00	-		4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	3.47
16-17	1.00	1.00	-	-	-	-	2.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	4.62
17-18	2.00	3.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	5.20
18-19	1.00	2.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
19-20	1.00	4.00	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	4.62
20-21	5.00	5.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	6.94
21-22	6.00		-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	4.62
22-23	8.00	1.00	-	-	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	13.00	7.51
23-00	-	2.00	-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	2.89
TOTAL	57.00	48.00	-	-	4.00	-	23.00	41.00	-	-	-	-	-	-	-	-	173.00	100.00
%	32.95	27.75	-	-	2.31	-	13.29	23.70	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 02).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA											Ubicación		Progresiva 0+000			
Cod. Estación		Estación N° 01											Sentido		Ambos sentidos			
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra Jr. Primavera											Día		Lunes	Fecha	06-ene-20	
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
01-02			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
02-03		2.00	-	-	-	-	3.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	6.54
03-04	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.74
04-05			-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.87
05-06	2.00		-	-	1.00	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.67
06-07	1.00	2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.67
07-08	2.00	5.00	-	-	1.00	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.00	10.28
08-09	2.00		-	-	1.00	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.61
09-10			-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.87
10-11	1.00	1.00	-	-	3.00	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	6.54
11-12			-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.80
12-13			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
13-14	2.00	2.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.48
14-15			-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.87
15-16	3.00		-	-	2.00	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.48
16-17	1.00	3.00	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.61
17-18			-	-	-	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.67
18-19	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.74
19-20	1.00		-	-	2.00	-	3.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.48
20-21	1.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.93
21-22	1.00		-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.74
22-23	-	3.00	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.61
23-00	-	2.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.80
TOTAL	21.00	24.00	-	-	11.00	-	31.00	20.00	-	-	-	-	-	-	-	-	107.00	100.00
%	19.63	22.43	-	-	10.28	-	28.97	18.69	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 03).

CONTEO VEHICULAR																			
Tramo		JR. PRIMAVERA										Ubicación		Progresiva 0+000					
Cod. Estación		Estación N° 01										Sentido		Ambos sentidos					
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra del celso curi										Día		Martes		Fecha	07-ene-20		
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %	
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
00-01			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	
01-02			-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	
02-03		2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.51	
03-04		1.00	-	-	2.00	-	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.14	
04-05			-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	
05-06	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.51	
06-07	2.00	2.00	-	-	-	-	2.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.89	
07-08	2.00	3.00	-	-	2.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.02	
08-09	2.00	3.00	-	-	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.89	
09-10	2.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.75	
10-11		1.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.39	
11-12	1.00		-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.63	
12-13	1.00		-	-	2.00	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	
13-14			-	-	3.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.51	
14-15		1.00	-	-	-	-	3.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	
15-16	1.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	
16-17	2.00		-	-	2.00	-	3.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.89	
17-18	2.00	2.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.39	
18-19			-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	
19-20		1.00	-	-	2.00	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.14	
20-21	1.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	
21-22	-	2.00	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.39	
22-23	-	1.00	-	-	1.00	-	3.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.89	
23-00	-	-	-	-	1.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.75	
TOTAL	18.00	26.00	-	-	17.00	-	27.00	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114.00	100.00
%	15.79	22.81	-	-	14.91	-	23.68	22.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 04).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA											Ubicación		Progresiva 0+000			
Cod. Estación		Estación N° 01											Sentido		Ambos sentidos			
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra del celso curi											Día		miercoles		Fecha	08-ene-20
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-	2.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.68
01-02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
02-03		2.00	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.57
03-04		1.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.68
04-05			-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.79
05-06	2.00	2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.36
06-07	1.00	2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.46
07-08	3.00		-	-	1.00	-	1.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.14
08-09	2.00		-	-	-	-	2.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.46
09-10	2.00		-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.46
10-11		1.00	-	-	-	-	4.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.14
11-12	1.00	3.00	-	-	1.00	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.14
12-13	2.00		-	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.46
13-14	2.00	2.00	-	-	2.00	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	8.04
14-15		2.00	-	-	-	-	2.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	4.46
15-16	3.00		-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.57
16-17	1.00	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	3.57
17-18	4.00	3.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	7.14
18-19	2.00		-	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.36
19-20		2.00	-	-	-	-	1.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	5.36
20-21			-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.79
21-22	1.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.89
22-23	-	-	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.68
23-00	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.79
TOTAL	26.00	21.00	-	-	10.00	-	29.00	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	112.00	100.00
%	23.21	18.75	-	-	8.93	-	25.89	23.21	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 05).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA										Ubicación		Progresiva 0+000				
Cod. Estación		Estación N° 01										Sentido		Ambos sentidos				
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra del celso curi										Día		jueves	Fecha	09-ene-20		
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-		1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.02
01-02		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
02-03			-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4.08
03-04		1.00	-	-	-	-		1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	2.04
04-05	1.00	1.00	-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	3.06
05-06	2.00	2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	6.12
06-07	1.00	3.00	-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	5.10
07-08	2.00		-	-	2.00	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	7.14
08-09	2.00	2.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	5.10
09-10	3.00	1.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	6.12
10-11			-	-	2.00	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4.08
11-12	2.00		-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4.08
12-13	3.00		-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4.08
13-14		2.00	-	-	-	-	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	6.12
14-15		2.00	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	5.10
15-16	2.00	5.00	-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	8.16
16-17	2.00	1.00	-	-	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	7.14
17-18		3.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4.08
18-19	2.00	2.00	-	-	1.00	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	5.10
19-20			-	-	-	-	2.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	5.10
20-21			-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
21-22	-	-	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	2.04
22-23	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	2.04
23-00	-	-	-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	3.06
TOTAL	22.00	25.00	-	-	9.00	-	23.00	19.00	-	-	-	-	-	-	-	-	98.00	100.00
%	22.45	25.51	-	-	9.18	-	23.47	19.39	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 06).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA										Ubicación		Progresiva 0+000				
Cod. Estación		Estación N° 01										Sentido		Ambos sentidos				
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra Jr. Primavera										Día		Viernes	Fecha	10-ene-20		
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.49
01-02		-	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.24
02-03		1.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.24
03-04		2.00	-	-	-	-	-	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.48
04-05	1.00	2.00	-	-	-	-	1.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.22
05-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
06-07	1.00	1.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.48
07-08	2.00	3.00	-	-	1.00	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	6.72
08-09	3.00	-	-	-	-	-	1.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.22
09-10	2.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.48
10-11		3.00	-	-	-	-	2.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.48
11-12	1.00	-	-	-	1.00	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	3.73
12-13	3.00	1.00	-	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	5.97
13-14	2.00	1.00	-	-	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.22
14-15	1.00	2.00	-	-	1.00	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.22
15-16	3.00	-	-	-	1.00	-	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	6.72
16-17	2.00	2.00	-	-	-	-	3.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	7.46
17-18	1.00	1.00	-	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.48
18-19	1.00	-	-	-	-	-	-	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	3.73
19-20	2.00	4.00	-	-	-	-	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	7.46
20-21		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
21-22	-	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.24
22-23	-	5.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.22
23-00	-	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.49
TOTAL	25.00	32.00	-	-	8.00	-	27.00	42.00	-	-	-	-	-	-	-	-	134.00	100.00
%	18.66	23.88	-	-	5.97	-	20.15	31.34	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 – Resultados de los conteo vehicular – Jr. Primavera (día 07).

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA										Ubicación		Progresiva 0+000				
Cod. Estación		Estación N° 01										Sentido		Ambos sentidos				
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra Jr. Primavera										Día		Sabado	Fecha	11-ene-20		
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01			-	-	-	-		1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.74
01-02		1.00	-	-	-	-	2.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.15
02-03		2.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
03-04	1.00	2.00	-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
04-05		2.00	-	-	-	-	2.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	3.68
05-06	2.00		-	-	1.00	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
06-07	1.00	3.00	-	-	1.00	-	2.00		-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.15
07-08	3.00		-	-	2.00	-			-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	3.68
08-09	2.00	2.00	-	-	-	-	2.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	6.62
09-10		1.00	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.74
10-11	1.00		-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	3.68
11-12	2.00	2.00	-	-	2.00	-	2.00		-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	5.88
12-13	2.00	1.00	-	-	-	-	1.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	5.15
13-14	1.00	2.00	-	-	-	-	3.00		-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
14-15		4.00	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
15-16	3.00	5.00	-	-	2.00	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	8.82
16-17	1.00	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	2.94
17-18	2.00	3.00	-	-	-	-		3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	5.88
18-19	1.00		-	-	1.00	-	1.00		-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.21
19-20	3.00	2.00	-	-	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	6.62
20-21		2.00	-	-	1.00	-	3.00		-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
21-22	-	4.00	-	-	-	-		2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	4.41
22-23	-	-	-	-	-	-	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	2.21
23-00	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
TOTAL	25.00	39.00	-	-	10.00	-	28.00	34.00	-	-	-	-	-	-	-	-	136.00	100.00
%	18.38	28.68	-	-	7.35	-	20.59	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°13 se muestran el resumen de los resultados de los recuentos de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos.

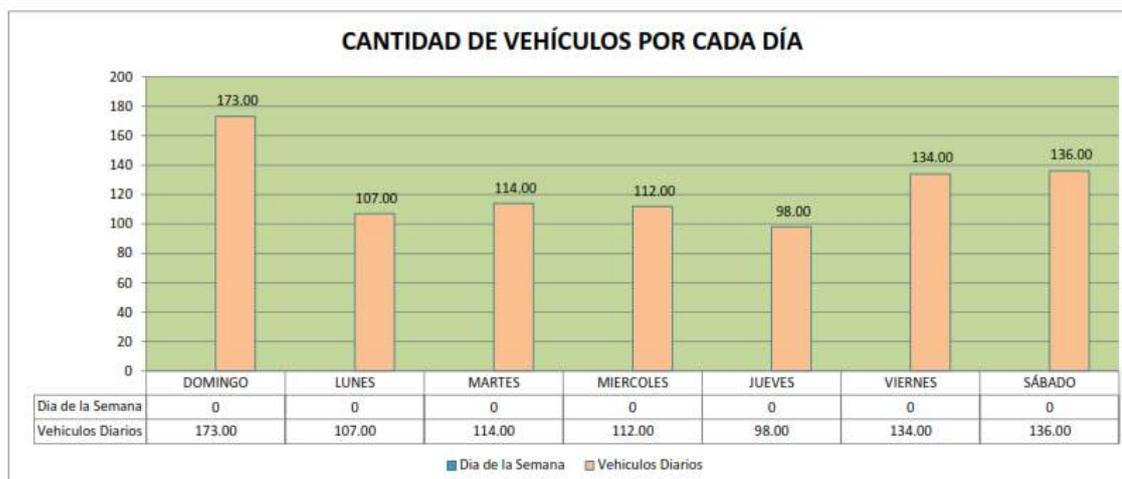
Tabla 13 – Resumen del conteo vehicular – Jr. Primavera.

CONTEO VEHICULAR																		
Tramo		JR. PRIMAVERA										Ubicación		Progresiva 0+000				
Cod. Estación		Estación N° 01										Sentido		Ambos sentidos				
Referencia de Estación		Esquina de inicio de cuadra Jr. Primavera										Días		Domingo a Sabado				
Hora	Automóvil	Camioneta	Camioneta Rural	micro / combi	Omnibus		Camión			Semitrayers			Trayles				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DOMINGO	57	48.00	-	-	4.00	-	23.00	41.00	-	-	-	-	-	-	-	-	173.00	19.79
LUNES	21	24.00	-	-	11.00	-	31.00	20.00	-	-	-	-	-	-	-	-	107.00	12.24
MARTES	18	26.00	-	-	17.00	-	27.00	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	114.00	13.04
MIERCOLES	26	21.00	-	-	10.00	-	29.00	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	112.00	12.81
JUEVES	22	25.00	-	-	9.00	-	23.00	19.00	-	-	-	-	-	-	-	-	98.00	11.21
VIERNES	25	32.00	-	-	8.00	-	27.00	42.00	-	-	-	-	-	-	-	-	134.00	15.33
SÁBADO	25	39.00	-	-	10.00	-	28.00	34.00	-	-	-	-	-	-	-	-	136.00	15.56
TOTAL	194	215.00	-	-	69.00	-	188.00	208.00	-	-	-	-	-	-	-	-	874.00	100.00
PDRC %	22.20	24.60	0.00	0.00	7.89	0.00	21.51	23.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°8 se muestran la cantidad de vehículos por cada día durante la semana de conteo vehicular.

Figura 8 - Cantidad de vehículos por cada día.



Fuente: Elaboración Propia.

b.- Determinación del índice medio diario (IMD): Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta la vía en estudio, así como su composición vehicular y variación diaria.

Tabla 14 – Resumen de aforo del tráfico.

Medio de Transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	%
Vehículos Ligeros (V.L.)									
Automóviles	57.00	21.00	18.00	26.00	22.00	25.00	25.00	194.00	22%
Camionetas	48.00	24.00	26.00	21.00	25.00	32.00	39.00	215.00	25%
Micros / Combis	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Total de V.L.	105.00	45.00	44.00	47.00	47.00	57.00	64.00	409.00	47%
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	4.00	11.00	17.00	10.00	9.00	8.00	10.00	69.00	8%
Omnibus 3 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Camión 2 Ejes	23.00	31.00	27.00	29.00	23.00	27.00	28.00	188.00	22%
Camión 3 Ejes	41.00	20.00	26.00	26.00	19.00	42.00	34.00	208.00	24%
Camión 4 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Total de V.P.	68.00	62.00	70.00	65.00	51.00	77.00	72.00	465.00	53%
Total de Vehículos	173.00	107.00	114.00	112.00	98.00	134.00	136.00	874.00	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15 – Transito medio diario semanal (TMDS).

Se obtiene a través de la siguiente relación

$$TMDS = \frac{TS}{7}$$

TMDS: Tránsito Medio Diario Semanal
TS: Tránsito durante una semana

En función a esta relación, en el siguiente cuadro se indica el TMDS correspondiente a los diferentes tramos del proyecto

Tránsito Diario (TD i)							Total	TMDS
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		
173.00	107.00	114.00	112.00	98.00	134.00	136.00	874.00	125.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 – Transito medio diario anual (TMDA).

Lo determinamos a partir de la siguiente fórmula

$$TMDA = TMDS \pm K\sigma$$

$$TMDA = TMDS \pm K \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

TMDA : Tránsito Medio Diario Anual

TMDS : Tránsito Medio Diario Semanal

K : Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado:

k = 1.64, para un nivel de confiabilidad del 90%

k = 1.96, para un nivel de confiabilidad del 95%

σ : Estimación de la desviación estándar poblacional

S : Estimación de la desviación estándar muestral

N : Número de días al año (N=365)

n : Número de días en una semana (n=7 días)

Días de Aforo "n":	n=	<input type="text" value="7.00"/>	Días del año "N":	N=	<input type="text" value="365"/>	Confiabilidad "k":	K=	<input type="text" value="1.96"/>
Cálculo de la Desviación Estándar Muestral "S":			S=	<input type="text" value="25.33"/>				
Cálculo de la Desviación Estándar Poblacional "σ":			σ=	<input type="text" value="9.49"/>				
Cálculo del Tránsito Medio Diario Anual "TMDA":			Max. (TMDA)=	<input type="text" value="144.00"/>		Min. (TMDA)=	<input type="text" value="106.00"/>	
			TMDA =	<input type="text" value="144.00"/>	vehiculos/día			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 – Proyección del tránsito medio diario.

TMDAI	r (%)	TMDAn										
		AÑO 0	PERIODO DE DISEÑO (10 AÑOS)									
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
144.00	8	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 11
		156	168	181	196	212	229	247	267	288	311	336

TMDAI	r (%)	TMDAn									
		PERIODO DE DISEÑO (20 AÑOS)									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
144.00	8	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20	n = 21
		363	181	423	457	493	533	575	621	671	725

Fuente: Elaboración propia.

La proyección del tránsito medio diario se determinó a partir de la siguiente fórmula:

$$[TMDA]_n = [TMDA]_i \times (1+r)^n$$

Donde:

TMDAn: Tránsito medio diario anual en el año n

TMDAi: Tránsito medio diario anual inicial

r: Razón de crecimiento anual

n: Número de años a partir del año inicial

Las proyecciones del tránsito de los vehículos se consideran para un horizonte de planeamiento de 1 año para los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y 20 años para el periodo de vida útil de la obra; por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, a partir del presente año, es de n=20 años. Con relación a la razón de crecimiento, no se cuenta con registros de flujo de tránsito por años, pero considerando que la calle en estudio, es una calle relativamente joven (por el flujo vehicular que presenta), ya que esta calle integrara nuevas calles, con vivienda pobladas en proceso de crecimiento y desarrollo, estimamos que la tasa de crecimiento vehicular, una vez pavimentada la calle, sea del 8% anual.

Tabla 18 – Tránsito vehicular acumulado en 10 años.

TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO EN 10 AÑOS					
TMDA INICIAL (2015) (1)	N° VEH. INICIAL (2015) (2) = (1) x 365	TMDA FINAL (2025) (3)	N° VEH. FINAL (2025) (4) = (3) x 365	PERIODO DE DISEÑO (n) (5)	N° VEH. ACUM. (2025) (6) = (5) * ((2)+(4))/2
156.00	56940.00	336.00	122640.00	10.00	897,900.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 – Tránsito vehicular acumulado en 20 años.

TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO EN 20 AÑOS					
TMDA INICIAL (2015) (1)	Nº VEH. INICIAL (2015) (2) = (1) x 365	TMDA FINAL (2035) (3)	Nº VEH. FINAL (2035) (4) = (3) x 365	PERIODO DE DISEÑO (n) (5)	Nº VEH. ACUM. (2035) (6) = (5) * ((2)+(4))/2
156.00	56940.00	725.00	264625.00	20.00	3,215,650.00

Fuente: Elaboración propia.

El tránsito acumulado se determinó a partir de la siguiente fórmula:

$$TVA = [TV]_i \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Donde:

TVA: Tránsito acumulado de vehículos en n años

TVi: Tránsito de vehículos en el año inicial

r: Razón de crecimiento anual (r=8%)

n: Número de años del tráfico acumulado (n=5)

Tabla 20 – Resumen de aforo del tráfico.

Medio de Transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	%
Vehículos Ligeros (V.L.)									
Automóviles	57.00	21.00	18.00	26.00	22.00	25.00	25.00	194.00	22%
Camionetas	48.00	24.00	26.00	21.00	25.00	32.00	39.00	215.00	25%
Micros / Combis	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Total de V.L.	105.00	45.00	44.00	47.00	47.00	57.00	64.00	409.00	47%
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	4.00	11.00	17.00	10.00	9.00	8.00	10.00	69.00	8%
Omnibus 3 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Camión 2 Ejes	23.00	31.00	27.00	29.00	23.00	27.00	28.00	188.00	22%
Camión 3 Ejes	41.00	20.00	26.00	26.00	19.00	42.00	34.00	208.00	24%
Camión 4 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Total de V.P.	68.00	62.00	70.00	65.00	51.00	77.00	72.00	465.00	53%
Total de Vehículos	173.00	107.00	114.00	112.00	98.00	134.00	136.00	874.00	100%

TIPIFICACIÓN VEHICULAR		
Vehículos Ligeros	409.00	47%
Vehículos Pesados	465.00	53%
Total de Vehículos	874.00	100%



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21 – Tránsito medio diario semanal (TMDS).

Se obtiene a través de la siguiente relación

$$TMDS = \frac{TS}{7}$$

TMDS: Tránsito Medio Diario Semanal
TS: Tránsito durante una semana

En función a esta relación, en el siguiente cuadro se indica el TMDS correspondiente a los diferentes tramos del proyecto

Tránsito Diario (TD I)								TMDS
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	
173.00	107.00	114.00	112.00	98.00	134.00	136.00	874.00	125.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 – Factor de corrección diaria.

FACTOR DE CORRECCIÓN DIARIA

$$Factor\ Diario = FD = \frac{1}{\frac{TD}{TMDS}}$$

Factor de Corrección Diaria (FD)								
DIA	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
TDi	173.00	107.00	114.00	112.00	98.00	134.00	136.00	874.00
$\frac{TD}{TMDS}$	1.384	0.856	0.912	0.896	0.784	1.072	1.088	
FD	0.72254	1.168224	1.09649	1.11607	1.27551	0.93284	0.9191176	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23 – tránsito promedio diario semanal corregido.

Medio de Transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Vehículos Ligeros (V.L.)								
Automóviles	41.18	24.53	19.74	29.02	28.06	23.32	22.98	188.83
Camionetas	34.68	28.04	28.51	23.44	31.89	29.85	35.85	212.25
Micros / Combis	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de V.L.	75.87	52.57	48.25	52.46	59.95	53.17	58.82	401.08
Vehículos Pesados (V.P.)								
Omnibus 2 Ejes	2.89	12.85	18.64	11.16	11.48	7.46	9.19	-
Omnibus 3 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2 Ejes	16.62	36.21	29.61	32.37	29.34	25.19	25.74	195.06
Camión 3 Ejes	29.62	23.36	28.51	29.02	24.23	39.18	31.25	205.18
Camión 4 Ejes	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de V.P.	49.13	72.43	76.75	72.54	65.05	71.83	66.18	400.24
Total de Vehículos	125.00	801.32						

El Tránsito Medio Diario Semanal (Corregido):

114.47 Veh/día

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 – Factor de ajuste estacional.

Me Generado	Enero	Medio de Transporte	Total	Total Corregido
Estación	celso curi	Vehículos Ligeros (V.L.)		
Factor de Ajuste Estacional Vehículos Pesados	1.06652	Automóviles	188.83	188.83
Factor de Ajuste Estacional Vehículos Ligeros	1.00000	Camionetas	212.25	212.25
No cuenta con Informacion		Micros / Combis	-	-
		Total de V.L.	401.08	401.08
		Vehículos Pesados (V.P.)		
		Omnibus 2 Ejes	-	-
		Omnibus 3 Ejes	-	-
		Camión 2 Ejes	195.06	208.04
		Camión 3 Ejes	205.18	218.83
		Camión 4 Ejes	-	-
		Total de V.P.	400.24	426.87
		Total de Vehículos	801.32	827.95

El Tránsito Medio Diario Semanal (Corregido): **118.28** Veh/día

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25 – Índice medio diario anual (IMDA).

Medio de Transporte	Aforo Vehicular	Tránsito Desviado	Tránsito Generado	IMD	IMDA
Vehículos Ligeros (V.L.)					
Automóviles	189.00	-	28.35	31.00	11,315.00
Camionetas	212.00	-	31.80	35.00	12,775.00
Micros / Combis	-	-	-	-	-
Total de V.L.	401.00	-	60.15	66.00	24,090.00
Vehículos Pesados (V.P.)					
Omnibus 2 Ejes	-	-	-	-	-
Omnibus 3 Ejes	-	-	-	-	-
Camión 2 Ejes	208.00	-	31.20	34.00	12,410.00
Camión 3 Ejes	219.00	-	32.85	36.00	13,140.00
Camión 4 Ejes	-	-	-	-	-
Total de V.P.	427.00	-	64.05	70.00	25,550.00
Total de Vehículos	828.00	-	124.20	136.00	49,640.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 – Tasa de crecimiento vehicular (Kr).

Plantearemos las relaciones entre las tasas de crecimiento anual del tráfico y las tasas de crecimiento de las variables explicativas de población y PBI.

- r_{VP} = Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos de Pasajeros
- r_{VC} = Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos de Carga
- r_{pob} = Tasa de Crecimiento Anual de la Población en el Área de Influencia
- r_{PBI} = Tasa de Crecimiento Anual del PBI de la Región

Según el INEI, el resultado de los Censos Nacionales "X" de población, "V" de vivienda del departamento de pasco, arroja una tasa de crecimiento proyectado para el año 2010-2016

$$r_{(V.L.)} = r_{(pob.)} \quad r_{VP} = r_{pob} = 1.6\%$$

Según el INEI - Dirección de Cuentas Nacionales se obtuvo un PBI referencial de 1.6 %, la cual representará el crecimiento de vehículos pesados

$$r_{(V.P.)} = r_{(PBI)} \quad r_{VC} = r_{PBI} = 0.6\%$$

Con estas Consideraciones, tenemos:

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

- Periodo de Diseño (n) 20 años
- Tasa de Crecimiento de Vehículos Livianos - $K_{r(V.L.)}$: 23.3527
- Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados - $K_{r(V.P.)}$: 21.1821

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 – Factor de ajuste de presión (Fp).

Se tendrá las siguientes consideraciones

- Factor de Ajuste de Presión para un Camión (C) 0.1416
- Factor de Ajuste de Presión para un Semi Remolque (TS) 0.0864
- Factor de Ajuste de Presión para un Remolque (R) 0.0955
- Factor de Ajuste de Presión para un Buss (B) 0.3333

Medio de Transporte	Long. Máx. (m)	E. S. Delantero N° Ruedas	Eje Simple Posterior			Eje Tandem		Eje Tridem N° Ruedas	Total
			1er Eje	2do Eje	3er Eje	1er Eje	2do Eje		
			N° Ruedas	N° Ruedas	N° Ruedas	N° Ruedas	N° Ruedas		
Vehículos Livianos (V.L.)									
Automóviles		-	-	-	-	-	-	-	-
Camionetas		-	-	-	-	-	-	-	-
Micros / Combis		-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	13.20	2.00	4.00	-	-	-	-	-	6.00
Omnibus 3 Ejes	14.00	2.00	-	-	-	6.00	-	-	8.00
Camión 2 Ejes	12.30	2.00	4.00	-	-	-	-	-	6.00
Camión 3 Ejes	13.20	2.00	-	-	-	8.00	-	-	10.00
Camión 4 Ejes	13.20	2.00	-	-	-	-	-	10.00	12.00

Medio de Transporte	Long. Máx. (m)	Delantero N° Ruedas	1er Eje	2do Eje	3er Eje	1er Eje	2do Eje	Tridem N° Ruedas	Total
			N° Ruedas						
			N° Ruedas						
Vehículos Livianos (V.L.)									
Automóviles		-	-	-	-	-	-	-	-
Camionetas		-	-	-	-	-	-	-	-
Micros / Combis		-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	4.3996	0.6666	1.3332	-	-	-	-	-	1.9998
Omnibus 3 Ejes	4.6662	0.6666	-	-	-	1.9998	-	-	2.6664
Camión 2 Ejes	1.7417	0.2832	0.5664	-	-	-	-	-	0.8496
Camión 3 Ejes	1.8691	0.2832	-	-	-	1.1328	-	-	1.4160
Camión 4 Ejes	1.8691	0.2832	-	-	-	-	-	1.4160	1.6992

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 – Ejes equivalentes (EE).

Medio de Transporte	Long. Máx. (m)	E. S. Delantero	Eje Simple Posterior			Eje Tandem		Eje Tridem	
			1er Eje	2do Eje	3er Eje	1er Eje	2do Eje		
		Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	
Vehículos Ligeros (V.L.)									
Automóviles								-	
Camionetas								-	
Micros / Combis								-	
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	13.20	7.00	11.00	-	-	-	-	-	
Omnibus 3 Ejes	14.00	7.00	-	-	-	16.00	-	-	
Camión 2 Ejes	12.30	7.00	11.00	-	-	-	-	-	
Camión 3 Ejes	13.20	7.00	-	-	-	18.00	-	-	
Camión 4 Ejes	13.20	7.00	-	-	-	-	-	23.00	
		$\left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	$\left(\frac{P}{8.2}\right)^4$			$\left(\frac{P}{15.1}\right)^4$		$\left(\frac{P}{22.9}\right)^4$	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 – Ejes equivalentes (EE).

Medio de Transporte	Long. Máx. (m)	E. S. Delantero	Eje Simple Posterior			Eje Tandem		Eje Tridem	Total
			1er Eje	2do Eje	3er Eje	1er Eje	2do Eje		
		Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	Peso Max	
Vehículos Ligeros (V.L.)									
Automóviles		-	-	-	-	-	-	-	-
Camionetas		-	-	-	-	-	-	-	-
Micros / Combis		-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículos Pesados (V.P.)									
Omnibus 2 Ejes	13.20	1.2654	3.2383	-	-	-	-	-	4.5037
Omnibus 3 Ejes	14.00	1.2654	-	-	-	1.2606	-	-	2.5260
Camión 2 Ejes	12.30	1.2654	3.2383	-	-	-	-	-	4.5037
Camión 3 Ejes	13.20	1.2654	-	-	-	2.0192	-	-	3.2846
Camión 4 Ejes	13.20	1.2654	-	-	-	-	-	1.0176	2.2829

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 – Ejes equivalentes (EE).

Medio de Transporte	IMDA	Eje Equivalente	Tasa Crecimiento Kr	Factor Presión Kp	ESAL
Vehículos Ligeros (V.L.)					
Automóviles	11,315.00	0.0001	23.3527	1.0000	26.42
Camionetas	12,775.00	0.0001	23.3527	1.0000	29.83
Micros / Combis	-	0.0001	23.3527	1.0000	-
Vehículos Pesados (V.P.)					
Omnibus 2 Ejes	-	4.5037	21.1821	1.9998	-
Omnibus 3 Ejes	-	2.5260	21.1821	2.6664	-
Camión 2 Ejes	12,410.00	4.5037	21.1821	0.8496	1,508,730.57
Camión 3 Ejes	13,140.00	3.2846	21.1821	1.4160	2,472,526.83
Camión 4 Ejes	-	2.2829	21.1821	1.6992	-
DETERMINACION DEL ESAL					3,981,313.65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 – Factor de dirección (FD).

El criterio adoptado para este factor se debe a que la vía tiene un ancho de 7.00 m, en donde los vehículos aforados son en ambos sentidos

Factor de Dirección (FD) 0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32 – Factor de carril (FC).

11. FACTOR DE CARRIL (FC)

Se tendrá las siguientes consideraciones

Factor Carril (FC) 1.00

Nº de Carriles en una Sola Dirección	% de ESAL en el Carril de Diseño
1	100
2	80 A 100
3	60 A 80
4	50 A 75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33 – Calculo del W18.

12. CÁLCULO DEL W18:

$$W_{18} = ESAL \times FC \times FD$$

W18: Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2tn en el periodo de diseño.

W18: 1,990,657.00

1,990,657.00

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del W18 se determinó a partir de la siguiente formula:

$$W_{18} = ESAL \times FC \times FD$$

Donde:

W18: Numero esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2tn en el periodo de diseño

FC: Factor carril (FC=1)

FD: Factor de dirección (FD=1)

4.1.2. Resultados del cálculo de la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR)

a.- Investigaciones realizadas: La actividad fundamental en la investigación de campo, es la apertura de calicatas debidamente distribuidas, que permiten reconocer las propiedades físico-mecánicas del terreno de fundación o subrasante, a través de la toma de muestras disturbadas y su identificación correspondiente.

Previa a la labor específica del estudio, se ha realizado la exploración del terreno, observando las características superficiales existentes a lo largo del tramo, posteriormente se procedió al trabajo netamente de campo efectuando inspecciones de los taludes de corte para ubicar las calicatas en la modalidad a cielo abierto.

Se han excavado en total 04 calicatas con una profundidad promedio de 1.50m

Tabla 34 – Registro de calicatas .

CALICATA	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION
C1	Jr. Primavera	1.50	Primera cuadra
C2	Jr. Primavera – Jr. Túpac Amaru	1.50	Intersección
C3	Jr. Primavera – Jr. Ramón Castilla	1.50	Intersección
C4	Jr. Primavera	1.50	Ultima cuadra

Fuente: Elaboración propia.

Densidad natural del estrato de cimentación: Para determinar la densidad natural del estrato de terreno (Estrato M-1, M-2, m-3), se ha realizado pruebas por el método del cono de arena (ASTM D-1556), en la calicata exploratoria, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 35 – Resumen de la densidad natural.

CALICATA	PROFUNDIDAD	DENSIDAD NATURAL
01	1.50	1.50 gr/cm ³
02	1.50	1.53 gr/cm ³
03	1.50	1.73 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

b.- Resultados de los ensayos de laboratorio: A partir del análisis granulométrico por tamizado, ensayos de límite líquido y de límite plástico, se ha determinado la clasificación de suelos de acuerdo a SUCS y AASHTO. Además, se tiene los resultados del ensayo de corte directo:

Tabla 36 – Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.

CALICATA	C-01	C-02	C-03	C-04
% grava	3.67	15.31	15.08	14.29
% arena	53.24	29.87	30.63	30.55
% finos	43.09	54.83	54.23	55.17
LL (%) ASTM D4318	65.00	57.79	57.14	58.24
LP (%) ASTM D4318	30.00	17.86	17.42	25.76
IP (%) ASTM D4318	35.00	39.94	39.72	32.48
Clasificación SUCS	OL	CH	CH	CH
CBR 95 MDS	6.08%	7.01%	6.22%	6.21%
Humedad (%)	14.40	8.00	8.50	8.60

Fuente: Elaboración propia.

c.- Conformación del terreno de fundación: el terreno de fundación de área de investigación, presenta la siguiente secuencia estratigráfica vertical:

Calicata C-01 (Jr. Primavera – primera cuadra):

Estrato M-0 (0.00 – 0.10m): Cobertura superficial, constituida por el suelo natural que deberá ser eliminado en el proceso constructivo.

Estrato M-1 (0.10 – 1.40m): Compuesto por material limoso con mucha arcilla (OL) de color marrón oscuro, de grano fino, en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas. La matriz arcilla arenosa es de característica bajamente plástica y se encuentra en estado de compacidad semi compacto inferido a partir de las auscultaciones con la picota de geólogo.

Calicata C-02 (Jr. Primavera – Jr. Túpac Amaru):

Estrato M-0 (0.00 – 0.10m): Cobertura superficial, constituida por el suelo natural que deberá ser eliminado en el proceso constructivo.

Estrato M-1 (0.10 – 1.40m): Compuesto por material arcilloso con alta plasticidad (CH) de color marrón oscuro, de grano fino, en su composición presenta cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas. El matriz arcilloso es de característica altamente plástica y se encuentra en estado de compacidad semi compacto inferido a partir de las auscultaciones con la picota de geólogo.

Nivel freático: En la calicata excavada, no se ha localizado la presencia del nivel freático.

Calicata C-03 (Jr. Primavera – Jr. Ramón Castilla):

Estrato M-0 (0.00 – 0.10m): Cobertura superficial, en deterioro, se recomienda ser reemplazado por una estructura de pavimento rígido y flexible.

Estrato M-1 (0.10 – 0.30m): Compuesto por material arcilloso con alta plasticidad (CH) de color marrón oscuro, de grano fino, en su composición presenta cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas. El matriz arcilloso es de característica altamente plástica y se encuentra en estado de compacidad semi compacto inferido a partir de las auscultaciones con la picota de geólogo.

Nivel freático: En la calicata excavada, no se ha localizado la presencia del nivel freático.

Calicata C-04 (Jr. Primavera – ultima cuadra):

Estrato M-0 (0.00 – 0.10m): Cobertura superficial, en deterioro, se recomienda ser reemplazado por una estructura de pavimento rígido y flexible.

Estrato M-1 (0.10 – 0.30m): Compuesto por material arcilloso con alta plasticidad (CH) de color marrón oscuro, de grano fino, en su composición presenta cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas. El matriz arcilloso es de característica altamente plástica y se encuentra en estado de compacidad semi compacto inferido a partir de las auscultaciones con la picota de geólogo.

Nivel freático: En la calicata excavada, no se ha localizado la presencia del nivel freático.

4.1.3. Resultados de la propuesta de la estructura del pavimento rígido:

1. Con superficie de rodadura pavimentada: En la presente investigación se considera la ejecución de un pavimento rígido, conformado por losas monolíticas a base de concreto hidráulico el cual se apoyará sobre una sub base compactada de 20 cm de espesor.

Para la ejecución de la losa monolítica se empleará concreto hidráulico de cemento portland.

2. Diseño de pavimento rígido método aashto 93: El pavimento se diseñará empleando la metodología AASHTO - 93 para un periodo de diseño de 20 años.

Base granular: La base granular estará constituida de materiales granulares de cantera, procesados para obtener las características que satisfagan las Especificaciones Técnicas con CBR mínimo de 40% para el 100% de la MDS.

Losa de concreto hidráulico: Dada las condiciones climáticas de la zona de proyecto se ha propuesto la ejecución de pavimento rígido a base de concreto hidráulico de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.- Factores de diseño: El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima,

características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log_{10} \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.03 J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right]$$

W18 = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

ZR = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S0 = Desvío estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del pavimento en pulgadas

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

Pt = Serviciabilidad final.

S´ = Módulo de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

Cd = Coeficiente de drenaje.

EC = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg).

Para una mejor descripción de las variables, éstas se han clasificado de la siguiente manera:

Variables de diseño: Esta categoría se refiere al grupo de criterios que debe ser considerado para el procedimiento de diseño.

Criterio de comportamiento: Representa el grupo de condiciones de fronteras especificado por el usuario, dentro del que una alternativa de diseño deberá comportarse. Propiedades de los materiales para el diseño estructural. Esta categoría cubre todas las propiedades de los materiales del pavimento y del suelo de fundación, requeridas para el diseño estructural. Características estructurales. Se refiere a ciertas características físicas de la estructura del pavimento, que tienen efecto sobre su comportamiento.

4.- Variables de diseño:

Variable de tiempo: Se consideran dos variables: período de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse, es decir, cuando éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El período de análisis se refiere al período de tiempo para el cual va a ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Para el caso en el que no se considere rehabilitaciones, el período de análisis es igual al período de vida útil; pero si se considera una planificación por etapas, es decir, una estructura de pavimento seguida por una o más operaciones de rehabilitación, el período de análisis comprende varios períodos de vida útil, el del pavimento y el de los distintos refuerzos. “Periodo de análisis o diseño de 20 años”

Tránsito: En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que éstos resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axle Load), de tal manera que el

efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple. La información de tráfico requerida por la ecuación de diseño utilizado en este método es: cargas por eje, configuración de ejes y número de aplicaciones.

Confiabilidad: La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se complete satisfactoriamente durante su vida útil o periodo de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente. Cabe resaltar que cuando hablamos del comportamiento del pavimento nos referimos a la capacidad estructural y funcional de este, es decir, a la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, y asimismo brindar seguridad y confort dentro al usuario durante el periodo para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la confiabilidad está asociada a la aparición de fallas en el pavimento. Es fácil deducir que, si el número de ESALs previstos es menor que el número de ESALs reales, la vida útil del pavimento se acortará. Por lo tanto, la variabilidad en el diseño, en la construcción afecta en gran medida la bondad de un diseño, por ejemplo:

- La variación en las propiedades de los materiales a lo largo del pavimento, produce como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades en ese pavimento. Las fallas localizadas en zonas débiles, dan como resultado una disminución en la vida útil del pavimento.
- La variación de la ubicación de los pasadores en las juntas y profundidad de colocación de la armadura da como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades.
- La variación entre los datos de diseño del pavimento y los reales puede significar un aumento o disminución de la vida útil del mismo. Es por esto que se necesario una variable (S_0 – Desviación Estándar) que acote la variabilidad de todos éstos factores dentro de unos límites permisibles, con el fin de asegurar que la estructura

del pavimento se comporte adecuadamente durante su período de diseño.

La desviación estándar es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo.

5.- Criterios de diseño: En los procedimientos de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de las capas se caracterizan por su propio Modulo de Elasticidad.

La Evaluación de transito está dado por la repetición de una carga en un eje simple equivalente de 80kN (18000 lbs) aplicado pavimento en un conjunto de dos juegos de llantas dobles.

Este procedimiento puede ser usado para el diseño de pavimentos compuestos de varias combinaciones de superficies, bases y sub bases. La subrasante que es la capa más baja de la estructura del pavimento, se asume infinita en el sentido vertical y horizontal, las otras capas de espesor finito son asumidas finitas en la dirección horizontal. En la superficie de contacto entre las capas se asume que existe una completa continuidad o adherencia.

En la metodología que desarrolla este estudio, las cargas colocadas sobre la superficie de un pavimento producen dos esfuerzos que son críticos para los propósitos de diseño; un esfuerzo horizontal de tensión en la parte de debajo de la capa de superficie y el esfuerzo de compresión vertical actuando sobre la superficie de la subrasante.

Diseño del pavimento): El diseño del pavimento rígido se ha efectuado por el Método AASHTO y los resultados se muestran a continuación:

Figura 9 - Desviación estándar normal (Zr).

1. Zr = Desviación Estandar Normal.

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R), RECOMENDADO

Clasificación Funcional	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

R = 80 %

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)

Zr = -0.842

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10 - Desviación normal del error estándar combinado en la estimación de los parámetros de diseño y el comportamiento del pavimento (modelo deterioro) – (So).

2. So = Desviación Normal del Error Estandar combinado en la estimación de los parámetros de diseño y el comportamiento del pavimento (Modelo deterioro)

DESVIACION ESTANDAR (So)	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
0.44 - 0.49	0.34 - 0.39

variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores - con errores en el tránsito

variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores - con errores en el tránsito

Se recomienda : 0.37 ó 0.38

So = 0.35

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11 - Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, Po y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, Pt (ΔPSI).

3. ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, Po y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, Pt.

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD	
El cambio de pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:	
PSI =	Índice de Servicio Presente
ΔPSI =	Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal.
Po =	índice de servicio final (4,5 para pavimentos rígido y 4.2 para flexibles)
Pt =	Índice de servicio termina, para el cual aashto maneja en su vesion 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Po = 4.10

Pt = 2.00

ΔPSI = Po - Pt

REEMPLAZANDO VALORES

ΔPSI = 2.10

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12 - Modulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento portland (S'c).

4. S'c = Módulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento Portland.

$$S'c = 8a10 \sqrt{f'c}$$

f'c =

210 kg/cm2

f'c =

2940 lb/pulg2

S'c = 542 psi

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 13 - Coeficiente de transferencia de carga (J).

5. J = Coeficiente de transferencia de carga

Hombros Dispositivo de transferencia	Asfalto		Concreto	
	Si	No	Si	No
Pavimentos con juntas simples y juntas reforzadas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.4	3.6 - 4.2

J = 2.80

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14 - Coeficiente de drenaje (Cd).

6. Cd = Coeficiente de drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
	Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA EN
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no dreña

Cd = 0.90

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15 - Modulo de elasticidad, en psi, del concreto de cemento portland (Ec).

7. Ec = Modulo de Elasticidad, en psi, del concreto de cemento Portland.

$$Ec = 57000 \sqrt{f'c}$$

f'c =

2940 lb/pulg2

Ec = 3090641 psi

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16 - Modulo de reacción del subgrado.

8. k = Módulo de reacción del subgrado

Se considera la ejecución de una sub base, para lo cual se hará empleara una ecuación de equivalencia entre CBR y el K para diseño

Si CBR < 10%

$$K_{sr} = 2.55 + 52.5 \cdot \log CBR$$

Sub rasante **Ksr = 63.42** Mpa

Sub base **CBR (%) 14.52**

CBR (%) 40.00

Ksb = 116.21 Mpa

Si CBR > 10%

$$K_{sr} = 46 + 9.08 \cdot (\log CBR)^{4.34}$$

Se empleará una capa granular intermedia como sub base, el cual incrementará el valor K a través de un valor combinado

$$K_{combinado} = (1 + (h/38)^2 \cdot (K_{sb}/K_{sr})^{(2/3)})^{0.5} \cdot K_{sr}$$

Kcombinado = 75.43 Mpa

10,937.30 lb/pulg2

Donde:

Ksr = K de la subrasante (Mpa/m) **63.42**

Ksb = K de la sub base (Mpa/m) **116.21**

h = espesor de la capa de sub base en cm **20**

Pulgadas **8.00**

CBR (%) 24.44

CBR combinado

10,937.30 pci

Resultado: (de abaco relación k y CBR)

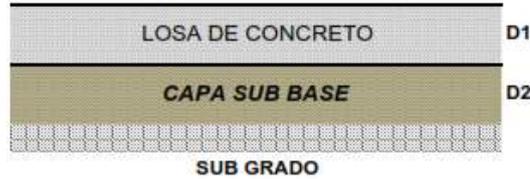
k = 56 pci

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17 - Espesor, en pulgadas, de la losa de concreto.

9. D = Espesor, en pulgadas, de la losa de concreto

Aunque es la incógnita a determinar, se deberá asumir un valor inicial del espesor de losa de concreto; puede considerarse 6 in (0,15 m) como mínimo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18 - Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado (W18).

10. W18 = Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado.

$$W_{18} = w_{18} \left[\frac{(1 + g)^t - 1}{g} \right]$$

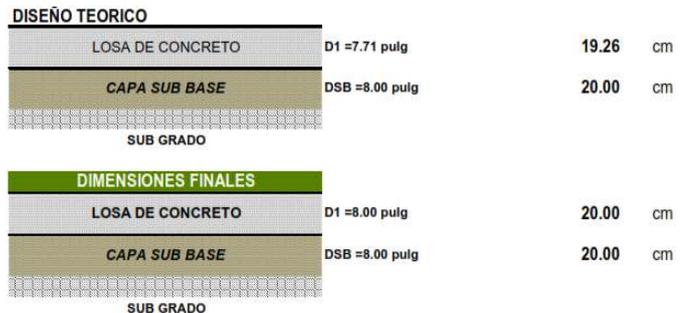
W18 = 1.99E+06

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19 - Resultados de la ecuación básica de diseño para pavimento rígido.

USO DE FORMULA CON EL PROCEDIMIENTO	
W18	1.99E+06
Zr	-0.842
So	0.35
ΔPSI	2.10
S'c	542
Cd	0.90
Ec	3090641
k	75.43
J	2.80
Pt	2.00
D	7.71

IGUALDAD	
A =	6.299
B =	6.299



Fuente: Elaboración Propia.

5.- Diseño de juntas transversales de expansión: Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente rotura de la losa de concreto.

A continuación, se muestra el respectivo desarrollo del cálculo de dowells:

Figura 20 - Resultados del cálculo de dowells.

DATOS:

N DE CARRILES (NC)	:	2		
ESPESOR DE PAVIMENTO (h)	:	8	in	
LONGITUD N01	:	3.3	ML	
LONGITUD N02	:	14000	ML	45920 PIES
COEF.PROMEDIO DE FRICCION (fa)	:	0.7		
ESF. PERMISIBLE EN EN ACERO Fs	:	27000	psi	
PESO VOL. DEL CONCRETO Yc	:	0.0868	psi	23.6 KN/M3
ESFUERZO PERMISIBLE (μ)	:	350	psi	24 Mpa
DIAMETRO DE LA BARRA (d)	:	5/8	in	

CALCULO:

BARRAS DE AMARRE:

$$A_s = \frac{\gamma_c h L' f_a}{f_s}$$

En donde:

- As= Área requerida de acero por unidad de longitud de la losa.
- γc= Peso volumétrico del concreto
- h= Espesor del pavimento.
- fa= Coeficiente promedio de fricción entre la losa y el terreno de soporte, que normalmente se considera de 1.5
- fs= Esfuerzo permisible en el acero.
- L'= Distancia desde la junta longitudinal hasta el borde libre donde no existe barra de amarre. Para autopistas de 2 o 3 carriles, L' es el ancho del carril. Si las barras de amarre se usan en las tres juntas longitudinales de una carretera de 4 carriles, L' es igual al ancho del carril para las dos juntas exteriores y el doble del ancho para la junta interna.

L' = N02/NC	22960 ft	527161600 in	13389904.64 m
-------------	----------	--------------	---------------

As = **20336.723** in²/in

N de varilla	A cm ²	mm ²	in ²
5	2.00	200	0.3

Area transversal (At) = 5

Separacion de Barra es: At/As = 0 in

0.399671077 mm

0.039967108 cm

1.574E-05

30 cm

Esfuerzo de adherencia

$$t = 2 (A1 \cdot f_s / \mu \cdot \Sigma o)$$

Donde:

- t = Longitud de la barra de amarre.
- μ = Esfuerzo permisible.
- A1 = Área transversal de una barra.
- Σo = Perímetro de la barra.

Para un diámetro de barra d, A1 = n d² / 4 y Σo = n d, así que la ecuación anterior se simplifica a:

$$t = \frac{1}{2} \left(\frac{f_s \cdot d}{\mu} \right)$$

t = 12.1

Fuente: Elaboración Propia.

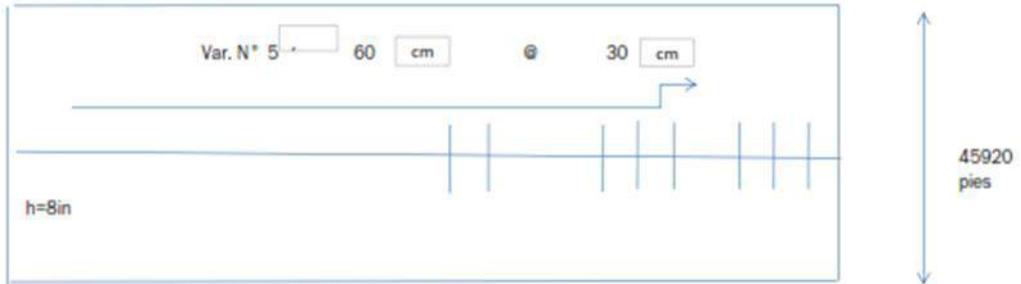
Figura 21 - Resultados del cálculo de dowells.

La longitud t^* se debe incrementar en 3 in. por desalineamiento.

$$\begin{aligned}
 t &= 12.1 + 3 \text{ in} \\
 t &= 25.1 \text{ deslizamiento} \\
 t &= 25.1 \xrightarrow{\text{redondeo}} \boxed{25} \text{ in} \quad \text{o} \quad 635 \text{ mm} \xrightarrow{\text{redondeo}} \boxed{60} \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Varios organismos usan el diseño estándar de barras de amarre para simplificar la construcción.

Las barras de 0.5 in de diámetro por 36 in de longitud y separación de 30 a 40 in son las que comúnmente se usan.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

1.- Del cálculo del índice medio diario: Con el propósito de contar con información primaria y además actualizar, verificar y complementar la información secundaria disponible, se efectuó los conteos de tráfico.

El estudio realizado en relación al tráfico en el Jr. Primavera, se reporta que un IMD=125, por otro lado, se muestra la tabla 14 que el tipo de vehículo que más transita es la camioneta con un 25%.

2.- Del cálculo de la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR): De los resultados hallados de CBR, se infiere un tratamiento y mejoramiento de la sub rasante, como se detalla a continuación:

Jr. Primavera – primera cuadra: En forma general según la información proporcionada de los ensayos de laboratorio, el tramo en investigación estará diseñado para el tráfico intenso y medio (vehículos mayores y menores, camiones, autos).

Subyace a este estrato, los depósitos coluviales, conformados por limos con mucha arena y grava, de grano fino; en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas y presenta un CBR de 6.08%, a una penetración de carga de 01". Lo que determina que el suelo presenta pobres a regulares características ingenieriles como material de sub rasante para carreteras o pavimentos.

Deberá colocarse una capa de 0.20m de espesor que constituya la capa de sub base para el pavimento proyectado, debiendo compactarse hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado, sobre este material se colocará el pavimento final y mejoramiento de la subrasante el cual deberá ser mejorado en una capa de 0.20m de espesor y debiéndose

compactar hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

Jr. Primavera – Jr. Túpac Amaru: En forma general según la información proporcionada de los ensayos de laboratorio, el tramo mencionado estará diseñado para el tráfico intenso y medio (vehículos mayores y menores, camiones, camiones, autos).

Subyace a este estrato, los depósitos coluviales, conformados por limos con mucha arena y grava, de grano fino; en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas y presenta un CBR de 7.01%, a una penetración de carga de 01". Lo que determina que el suelo presenta pobres a regulares características ingenieriles como material de sub rasante para carreteras o pavimentos.

Deberá colocarse una capa de 0.20m de espesor que constituya la capa de sub base para el pavimento proyectado, debiendo compactarse hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado, sobre este material se colocará el pavimento final y mejoramiento de la subrasante el cual deberá ser mejorado en una capa de 0.20m de espesor y debiéndose compactar hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

Jr. Primavera – Jr. Ramón Castilla: En forma general según la información proporcionada de los ensayos de laboratorio, el tramo mencionado estará diseñado para el tráfico intenso y medio (vehículos mayores y menores, camiones, camiones, autos).

Subyace a este estrato, los depósitos coluviales, conformados por limos con mucha arena y grava, de grano fino; en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas y presenta bien compacto y presenta un CBR de 6.22% (el CBR mejor). Lo que determina que el suelo presenta pobres a regulares características ingenieriles como material de sub rasante para carreteras o pavimentos.

Se plantea colocarse una capa de 0.20m de espesor que constituya la capa de sub base para el pavimento proyectado, debiendo compactarse hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado, sobre este material se colocará el pavimento final, la subrasante deberá compactarse hasta llegar a 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

Jr. Primavera – ultima cuadra: En forma general según la información proporcionada de los ensayos de laboratorio, el tramo mencionado estará diseñado para el tráfico intenso y medio (vehículos mayores y menores, camiones, camiones, autos).

Subyace a este estrato, los depósitos coluviales, conformados por limos con mucha arena y grava, de grano fino; en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas y presenta bien compacto y presenta un CBR de 6.21% (el CBR mejor). Lo que determina que el suelo presenta pobres a regulares características ingenieriles como material de sub rasante para carreteras o pavimentos.

Se plantea colocarse una capa de 0.20m de espesor que constituya la capa de sub base para el pavimento proyectado, debiendo compactarse hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado, sobre este material se colocará el pavimento final, la subrasante deberá compactarse hasta llegar a 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

3.- De la propuesta de la estructura del pavimento rígido: La metodología para la propuesta de la estructura del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MÉTODO AASHTO 1993.

Se diseñó la estructura del pavimento con un nivel de confiabilidad del 95%, cuya desviación estándar normal fue de -0.842.

Se determinó una desviación estándar de 0.35.

La diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, y el índice de serviciabilidad final de diseño, fue de 2.10.

El módulo de ruptura utilizado fue de 542 psi.

Se utilizó un coeficiente de transferencia de carga de 2.80.

Se utilizó un coeficiente de drenaje de 0.90

El módulo de elasticidad calculado fue de 2,940 lb/pulg² (3,090,641 psi)

El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para los jirones en estudio:

- ✓ Espesor de losa de concreto hidráulico : 0.20 m.
- ✓ Espesor de Sub base : 0.20 m.
- ✓ Espaciamiento de juntas de contracción : 9.00 m.
- ✓ Espaciamiento de juntas de dilatación : 3.00 m.
- ✓ Diámetro de Dowells : 5/8 pulgadas

CONCLUSIONES

- A. Para obtener el índice medio diario, es necesario realizar el estudio de tráfico, para lo cual se identificó la estación de conteo siguiente: Vía principal (Jr. Primavera), obteniéndose las siguientes cantidades de vehículos: Vía principal (Jr. Primavera) – 874 veh/sem, el tránsito medio diario semanal que se obtuvo fue de: Vía principal (Jr. Primavera) – 125 veh, el tránsito medio diario anual que se obtuvo fue de: Vía principal (Jr. Primavera) – 144 veh, la proyección del tráfico de vehículos fue de: Vía principal (Jr. Primavera) – 671 veh (proyección al año 20), finalmente se calculó los ejes equivalentes de los vehículos pesados., como se indica a continuación: Vía principal – 3,981,313.65.
- B. En forma general según la información proporcionada de los ensayos de laboratorio, el tramo en investigación estará diseñado para el tráfico intenso y medio (vehículos mayores y menores, camiones, autos). Subyace a este estrato, los depósitos coluviales, conformados por limos con mucha arena y grava, de grano fino; en su composición presenta algunos cantos rodados, gravas y gravillas de formas sub angulosas y presentan un CBR de 6.08% (Jr. Primavera – primera cuadra), CBR de 7.01% (Jr. Primavera – Jr. Túpac Amaru), CBR de 6.22% (Jr. Primavera – Jr. Ramón Castilla) y un CBR de 6.21% (Jr. Primavera – última cuadra), a una penetración de carga de 01". Lo que determina que el suelo presenta pobres a regulares características ingenieriles como material de sub rasante para carreteras o pavimentos, de acuerdo a estos resultados de CBR se deberá colocarse una capa de 0.20m de espesor que constituya la capa de sub base para el pavimento proyectado, debiendo compactarse hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado, sobre este material se colocará el pavimento final y mejoramiento de la subrasante el cual deberá ser mejorado en una capa de 0.20m de espesor y debiéndose compactar hasta llegar al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado.
- C. La metodología para la propuesta de la estructura del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de diseño de pavimentos de concreto

método AASHTO 1993. El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para todos los jirones en estudio: espesor de losa de concreto hidráulico (0.20 m), espesor de sub base (0.20m), espaciamiento de juntas de contracción (9.00 m), espaciamiento de juntas de dilatación (3.00 m), y diámetro de dowells (5/8 pulgada).

RECOMENDACIONES

1. Tener muy en cuenta en los estudios tráfico, los flujos vehiculares inesperados ya que los pavimentos están diseñados para un ESAL (ejes equivalentes) determinado, es por eso que pueden dañar la carpeta de rodadura con un incremento del flujo vehicular.
2. En el estudio de suelos tener muy en cuenta los CBR críticos menores a 3% y proponer otras alternativas de estabilización de la subrasante.
3. Tener en cuenta otros parámetros de diseño como proceso constructivo, factores climáticos, calidad de materiales ya que por esos procesos presentan muchas fallas inesperadas en pleno proceso constructivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tesis: 2011. Yonel Henry Pecho “Pavimentación Y Construcción De Veredas De La Zona Industrial – AA-HH Villa Hermosa Y De La Asociación De Vivienda La Esmeralda Del Distrito De Marcona-Provincia De Nazca”: Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica Facultad De Ingeniería Civil; Ica – Perú.
2. Tesis: 2014. Kimiko Katherine Harumi Rengifo Arakaki: “Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”; Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias e Ingeniería. Lima-Peru
3. Tesis: 2013. Elvis Yonny Reyes Trigos: “Diseño del Pavimento Rígido en las Vías Urbanas en el Jr. Arzobispo del Valle Cuadras. 8,9 y Jr. Tarapacá Cuadras. 13 y 14, del Provincia de Jauja”; Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Peru.
4. Tesis: 2013. Freddy Antonio Luis Aguilar: “Construcción De Pavimento Rígido En Los Jirones Alfonso Ugarte Y Bolognesi En El Barrio Conchapata – Provincia De Huamanga – Región Ayacucho”; Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Peru.
5. Ministerio de Economía y Finanzas. “Guía Simplificada para la identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales, a nivel de Perfil”. (2011). Lima-Perú
6. John Jairo Agudelo Ospina. “Diseño Geométrico de Vías”. (2002). Medellín-Colombia: 1era Edición
7. German Vivar Romero. “Pavimentos” (1980). 1° edición, Centro de Desarrollo Profesional en Ingeniería, Concejo Departamental del CIP, Universidad Peruana Los Andes Huancayo-Perú. Editorial: 1 era Edición.
8. José Rafael Menéndez Acurio. “Ingeniería de Pavimentos”. (2009).Lima- Perú: Editorial ICG. 1ra Edición
9. Ministerio de Economía y Finanzas. “Pautas Metodológicas Para El Desarrollo De Alternativas De Pavimentos En La Formulación Y Evaluación Social

- De Proyectos De Inversión Pública De Carreteras”. (2015): JMD. 1era Edición.
10. Reglamento Nacional de Edificaciones “C.E.010 – Aceras y Pavimentos” (2010) Lima – Perú
 11. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de Carreteras: Sección De Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos” (2014)
 12. Hugo Alexander Rondón Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano “Pavimentos, Materiales, construcción y diseño” (2015) Lima PERU, 1° Edición. Editorial Macro EIRL
 13. Paul Garnica Anguas, José Antonio Gómez López, Jesús Armando Sesma Martínez “Mecánica de Materiales para Pavimentos” (2002) MEXICO.
 14. Mario Becerra Salas. “Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión” (2012). Lima- Perú
 15. Oscar V. Cordo (2006) “Diseño de Pavimentos Método AASHTO 93” La Paz – Bolivia
 16. Hugo Alexander Rondón Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano “Pavimentos, Materiales, Construcción Y Diseño” (2015) Lima PERU, 1° Edición. Editorial Macro EIRL
 17. Ángel Gómez Ramos. “Pavimentos” (2009). Editorial ICG. 3era. Edición, Lima - Perú.
 18. ANDER, Ezequiel. “Introducción a la Investigación Pedagógica” (2000). Editorial Interamericana, México.
 19. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras” EG-2000 (Segunda edic.) Lima: Perú
 20. Alfonso Montejó Fonseca (2006) “Ingeniería De Pavimentos” Editorial Stella Valbuena García. 3era edición, Bogotá: Colombia

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Estudio de Mecánica de Suelos.

ANEXO 03 – Estudio de Trafico.

ANEXO 04 – Planos.

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cómo influyen los parámetros de diseño en el diseño del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?</p> <p>Problemas específicos a) ¿Cuál será el índice medio diario para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín? b) ¿Cuál será la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín? c) ¿Cuál será la propuesta de la estructura del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín?</p>	<p>Objetivo general Determinar la influencia de los parámetros de diseño para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.</p> <p>Objetivos específicos a) Determinar el índice medio diario para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín. b) Determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín. c) Proponer la estructura del pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.</p>	<p>Justificación metodológica La investigación se realizó insitu, para ello, se ha considerado los datos en el lugar muestra de estudio, en los cálculos realizados se hizo uso de hojas de cálculo excel, en el diseño se utilizó los programas dispav, en la elaboración de la parte teórica se utilizó el Microsoft Word, los datos nos ayudaron en la elección entre el diseño más adecuado en beneficio de la población del distrito de Yauli.</p> <p>Justificación social Con el desarrollo de la investigación, se determina una metodología de diseño, calculo y elaboración de un método, el cual permita lograr la recuperación de la transitabilidad vehicular y peatonal, y de esta forma poder mejorar las características actuales de la</p>	<p>Hipótesis General Los parámetros de diseño influyen significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.</p> <p>Hipótesis específicos a) El índice medio diario influye significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín. b) La resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) influye significativamente para diseñar el pavimento rígido para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín. c) La propuesta de la estructura del pavimento rígido influye significativamente para la recuperación de la transitabilidad del distrito de Yauli, Jauja, Junín.</p>	<p>Variable Independiente Parámetros de diseño.</p> <p>Variable dependiente: Diseño del pavimento rígido.</p>	<p>Método de estudio El científico.</p> <p>Tipo de estudio El tipo de investigación por la naturaleza del estudio aplicada.</p> <p>Nivel de investigación El estudio por el nivel de profundidad fue descriptivo.</p> <p>Diseño metodológico No Experimental</p>

		<p>vía en estudio y que los usuarios tengan vías vehiculares y peatonales cómodas y seguras.</p> <p>Justificación teórica El proyecto propuesto es razonable porque se selecciona la mejor solución de ingeniería como alternativa que asegure el pleno restablecimiento y circulación de vehículos y peatones, todo ello de acuerdo con la normatividad vigente, para el cumplimiento de los objetivos y que beneficie a los habitantes del distrito de Yauli, para un período útil de servicio de 20 años.</p>			
--	--	--	--	--	--

