

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de Investigación: Transportes

Autor:

Chomba Marreros, Jaime Wilson

Jurado Evaluador:

Presidente : Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Secretario : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Vocal : Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

Asesor:

Vargas López, Segundo Alfredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

TRUJILLO - PERÚ

2024

Fecha de Sustentación: 2024/12/05

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de Investigación: Transportes

Autor:

Chomba Marreros, Jaime Wilson

Jurado Evaluador:

Presidente : Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Secretario : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Vocal : Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

Asesor:

Vargas López, Segundo Alfredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

TRUJILLO - PERÚ

2024

Fecha de Sustentación: 2024/12/05

INFORME DE TESIS JAIME CHOMBA FINAL.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo


Segundo A. Vargas López
INGENIERO CIVIL
CIP: 18887

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Vargas López, Segundo Alfredo**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada: “**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca**”, del autor **Chomba Marreros, Jaime Wilson**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 8%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 22 de Noviembre del 2024
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis: “**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca**”, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 22 de Noviembre del 2024

.....
Chomba Marreros, Jaime Wilson
DNI: 71232432

.....
Vargas López, Segundo Alfredo
DNI: 18180684
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>



DEDICATORIA

A Dios, por siempre cuidar de mí y estar presente en cada paso que doy, y agradecido por mostrarme aquellas personas que siempre fueron mi apoyo y compañía durante todo el camino de mi formación académica.

A mi madre Lady, por siempre cuidarme desde mis primeros pasos, orar por mi bienestar y estar siempre apoyándome en cada momento de mi vida. Tu amor, paciencia y dedicación siempre serán pilares que tengo presente, para lograr mis sueños.

A mi abuela Rosalinda, por ser como una madre para mí que siempre ha confiado en mí y enseñarme que a pesar de las adversidades siempre hay que buscar la manera de salir adelante.

A mi padre Fredy, por ser mi inspiración en elegir esta hermosa carrera, por siempre apoyarme y darme consejos para seguir creciendo como persona, y sobre todo enseñarme que todo lo que uno se propone se puede lograr con esfuerzo, dedicación y perseverancia.

A mi hermana Rosalilian, por siempre preocuparse por mí, por aconsejarme en cada etapa de mi vida y tener siempre tener ese espíritu de superación tanto en lo personal como laboral, siendo para mí un ejemplo a seguir.

A mi sobrino Thiago, que me motiva a mejorar cada día para poder ser un ejemplo para él; y cuando crezca le sirva de inspiración para lograr todos sus sueños.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la fortaleza de llegar a esta etapa de mi vida, guiarme por el camino del bien, mantenerme con buena salud, me ha servido de mucha ayuda para no rendirme y poder culminar mi proyecto.

A mi familia, mis tíos, primos, por siempre tener su confianza puesta en mí, gracias por estar a mi lado en momentos de alegrías, tristeza y desafíos, su apoyo y sus buenas vibras siempre los he tomado como motivación para seguir adelante, y este logro es el resultado de un esfuerzo en conjunto.

A mis amigos que han sido piezas fundamentales, cada uno ellos ha sido un apoyo emocional muy grande para mí, nada de esto hubiera sido posible sin sus palabras de ánimo, consejos y el simple hecho de estar ahí para escucharme, agradezco a la vida por haberlos encontrado en este camino.

A mi asesor Segundo Alfredo Vargas López, por siempre orientarme, con sus experiencias, conocimientos, consejos y sobre todo estar comprometido en todos los procesos de esta investigación.

Agradecer a mis docentes, que compartieron sus enseñanzas y experiencias durante mi formación profesional, cada lección y consejo ha sido fundamental para mi crecimiento académico y personal. De igual manera a los jurados designados por las recomendaciones y críticas constructivas, para poder mejorar mi tesis.

RESUMEN

Esta investigación se caracteriza por estar titulada “Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad”, teniendo como objetivo principal realizar el diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad. Se utilizó esta carretera debido a las condiciones estructurales en las que se encuentra, reflejando la necesidad de realizar el diseño de un pavimento que se adecue a las condiciones climáticas de la zona de estudio y el tráfico vehicular. Asimismo, se utilizó un diseño de investigación del tipo aplicada con un nivel descriptivo, empleando las técnicas e instrumentos de la observación y el análisis documental, utilizando la guía de observación y la ficha de registro de datos y también el registro hidrográfico perteneciente a la estación Augusto Weberbauer. Teniendo como resultado en el estudio de mecánica de suelos dio como resultado un CBR de 10.97%, el cual se caracteriza por ser un material compuesto por arena arcillosa; del conteo vehicular se obtuvo un IMD de 210 veh/día, el cual dio como resultado un ESAL de diseño de 396,105.63 EE para el diseño de pavimento flexible y 447,074.71 EE para el diseño de pavimento rígido.

Palabras Claves: Diseño, Pavimento, Pavimento flexible, Obras de arte, AASHTO 93.

ABSTRACT

This research is characterized by being titled “Pavement design for the Cajamarca – Otuzco highway, Los Baños del Inca district, Cajamarca, La Libertad”, with the main objective of carrying out the pavement design for the Cajamarca – Otuzco highway, Los Baños del Inca district. Inca, Cajamarca, La Libertad. This road was used due to the structural conditions in which it is located, reflecting the need to design a pavement that adapts to the climatic conditions of the study area and vehicular traffic. Likewise, an applied research design was used with a descriptive level, using the techniques and instruments of observation and documentary analysis, using the observation guide and the data recording sheet and also the hydrographic record belonging to the station. Augustus Weberbauer. The soil mechanics study resulted in a CBR of 10.97%, which is characterized by being a material composed of clayey sand; From the vehicle count, an ADI of 210 veh/day was obtained, which resulted in a design ESAL of 396,105.63 EE for the flexible pavement design and 447,074.71 EE for the rigid pavement design.

Keywords: Design, Pavement, Flexible pavement, Works of art, AASHTO

93.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

A través de los requisitos establecidos en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, estipulado en la Facultad de Ingeniería, se procedió a realizar el cumplimiento y la conformidad de estos para presentarles ante ustedes, con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil, la tesis titulada:

“Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca”

Esta investigación fue desarrollada mediante el empleo de la metodología de diseño de pavimentos establecido en el Manual de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la normativa de la American Association of State Highway and Transportation (AASHTO 93), además de utilizar los conocimientos se adquirieron a lo largo de la carrera universitaria junto al asesoramiento del Ms. Ing. Vargas López, Segundo Alfredo.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| PRESENTACIÓN | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Problema de investigación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 5 |
| 1.2.1. Objetivo General | 5 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 5 |
| 1.3. Justificación del estudio | 5 |
| II. MARCO DE REFERENCIA | 7 |
| 2.1. Antecedentes del estudio | 7 |
| 2.2. Marco teórico | 13 |
| 2.2.1. El pavimento | 13 |
| 2.2.2. Tipos de pavimento | 13 |
| 2.2.3. Pavimento flexible | 13 |
| 2.2.4. Pavimento Rígido | 18 |
| 2.2.5. Obras de Arte | 22 |
| 2.3. Marco Conceptual | 25 |
| 2.4. Sistema de hipótesis | 26 |
| III. METODOLOGÍA EMPLEADA | 27 |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación | 27 |
| 3.1.1. Tipo de investigación | 27 |
| 3.1.2. Nivel de investigación | 27 |
| 3.2. Población y muestra de estudio | 27 |
| 3.2.1. Población | 27 |
| 3.2.2. Muestra | 27 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos de investigación | 27 |
| 3.3.1. Técnicas de la investigación | 27 |
| 3.3.2. Instrumentos de la investigación | 28 |
| 3.4. Procesamiento y análisis de datos | 29 |
| IV. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 30 |
| 4.1. Propiedades físicas y mecánicas de la zona de estudio | 30 |
| 4.2. Determinación de ejes equivalentes de carga (ESAL) | 31 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.3. | Diseño de pavimento | 33 |
| 4.3.1. | Diseño de pavimento flexible..... | 33 |
| 4.3.2. | Diseño de pavimento rígido | 38 |
| 4.4. | Diseño de obras de arte | 44 |
| 4.5. | Presupuesto de pavimento | 57 |
| 4.5.1. | Presupuesto de pavimento flexible..... | 57 |
| 4.5.2. | Presupuesto de pavimento rígido | 60 |
| V. | DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 63 |
| | CONCLUSIONES..... | 64 |
| | RECOMENDACIONES | 65 |
| | REFERENCIAS | 66 |
| | ANEXOS..... | 69 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Detalle estructural del pavimento flexible | 14 |
| Figura 2. | Detalle estructural de pavimento rígido | 19 |
| Figura 3. | Procesamiento de datos de la investigación | 29 |
| Figura 4. | Tipo de tráfico pesado | 34 |
| Figura 5. | Nivel de confiabilidad de diseño | 34 |
| Figura 6. | Desviación estándar normal (Z_r) | 35 |
| Figura 7. | Serviciabilidad inicial | 36 |
| Figura 8. | Serviciabilidad final..... | 36 |
| Figura 9. | Tipo de tráfico pesado | 38 |
| Figura 10. | Serviciabilidad inicial y final | 39 |
| Figura 11. | Nivel de Confiabilidad y Desviación Estándar | 39 |
| Figura 12. | Correlación CBR y Módulo de reacción..... | 40 |
| Figura 13. | Módulo de rotura y resistencia del concreto | 41 |
| Figura 14. | Calidad de Drenaje..... | 42 |
| Figura 15. | Calidad del Drenaje y Porcentaje de Tiempo | 42 |
| Figura 16. | Tipo de Berma y Valores J | 42 |
| Figura 17. | Dimensión de losa..... | 43 |
| Figura 18. | Gráfico de precipitaciones máximas anuales en 24 horas | 46 |
| Figura 19. | Hietograma de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas . | 47 |
| Figura 20. | Gráfica de curva IDF | 50 |

| | |
|--|-----|
| Figura 21. Cálculo de Tirante | 52 |
| Figura 22. Diseño de cuneta..... | 56 |
| Figura 23. Cuadro Comparativo de presupuesto..... | 62 |
| Figura 24. Tramo 01 de la carretera Cajamarca - Otuzco | 69 |
| Figura 25. Tramo 02 de la carretera Cajamarca - Otuzco | 70 |
| Figura 26. Tramo 03 de la carretera Cajamarca - Otuzco | 70 |
| Figura 27. Tramo 04 de la carretera Cajamarca - Otuzco | 71 |
| Figura 28. Medición ancha de carretera Cajamarca - Otuzco | 71 |
| Figura 29. Realización de calicatas para la muestra de estudio..... | 72 |
| Figura 30. Realización de calicatas para la muestra de estudio..... | 72 |
| Figura 33. Realización de ensayos en laboratorio | 73 |
| Figura 34. Realización de ensayos en laboratorio | 73 |
| Figura 35. Realización de ensayos en laboratorio | 74 |
| Figura 36. Realización de ensayos en laboratorio | 74 |
| Figura 37. Realización de ensayos en laboratorio | 75 |
| Figura 38. Realización de ensayos en laboratorio | 75 |
| Figura 39. Realización de ensayos en laboratorio | 76 |
| Figura 40. Realización de ensayos en laboratorio | 76 |
| Figura 41. Realización de ensayos en laboratorio | 77 |
| Figura 42. Realización de ensayos en laboratorio | 77 |
| Figura 43. Realización de ensayos en laboratorio | 78 |
| Figura 44. Realización de ensayos en laboratorio | 78 |
| Figura 45. Realización de ensayos en laboratorio | 79 |
| Figura 46. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 95 |
| Figura 47. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 95 |
| Figura 48. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 96 |
| Figura 49. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 96 |
| Figura 50. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 97 |
| Figura 51. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 97 |
| Figura 52. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 98 |
| Figura 53. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco..... | 98 |
| Figura 54. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 99 |
| Figura 55. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 99 |
| Figura 56. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 100 |

| | |
|--|-----|
| Figura 57. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 100 |
| Figura 58. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 101 |
| Figura 59. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Granulometría y límites de consistencia | 30 |
| Tabla 2. Clasificación AASHTO y SUCS | 30 |
| Tabla 3. Ensayo CBR | 31 |
| Tabla 4. Conteo vehicular | 31 |
| Tabla 5. Factor de corrección para vehículos y pesados..... | 32 |
| Tabla 6. IMDa corregido | 32 |
| Tabla 7. Cálculo de ESAL – Pav. Flexible | 32 |
| Tabla 8. Cálculo de ESAL – Pav. Rígido | 33 |
| Tabla 9. Cálculo del Kc para diseño de pav. rígido..... | 41 |
| Tabla 10. Datos mensuales de precipitación mensual..... | 44 |
| Tabla 11. Precipitaciones máximas anuales..... | 45 |
| Tabla 12. Cálculo de precipitaciones diarias máximas probables..... | 48 |
| Tabla 13. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración | 48 |
| Tabla 14. Cálculo de precipitaciones diarias máximas probables..... | 49 |
| Tabla 15. Cálculo de intensidad – tiempo de duración – periodo de retorno ... | 49 |
| Tabla 16. Recorridos predominantes | 51 |
| Tabla 17. Cálculo Caudal de aporte..... | 52 |
| Tabla 18. Duración de precipitación en horas..... | 54 |
| Tabla 19. Dimensiones mínimas de cuneta | 54 |
| Tabla 20. Inclinación máxima de talud (V:H)..... | 55 |
| Tabla 21. Velocidad límite admisible para cuneta..... | 55 |
| Tabla 22. Coeficientes de escorrentía método racional | 55 |
| Tabla 23. Valores para hallar el Caudal de Aporte | 56 |
| Tabla 24. Operacionalización de variables | 69 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Cálculo de la Tasa de crecimiento..... | 16 |
| Ecuación 2. Factor de crecimiento anual | 16 |
| Ecuación 3. Número de repeticiones de ejes equivalentes..... | 17 |
| Ecuación 4. Diseño de pavimento flexible – metodología AASHTO 93 | 17 |
| Ecuación 5. Metodología AASHTO 93 – Ecuación del Número estructural | 18 |
| Ecuación 6. Método analítico de pavimento rígido..... | 20 |
| Ecuación 7. Ecuación del módulo de rotura..... | 21 |
| Ecuación 8. Cálculo del Módulo Elástico | 22 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

El transporte tiene gran importancia para la economía urbana y regional, esto permite crecer en el ambiente social a los pueblos y ciudades al tener un desarrollo basado en el intercambio de bienes y servicios. La construcción de vías o carreteras debe realizarse tomando los criterios de diseño establecidos por las normas correspondientes y la demanda poblacional que se presenta en la zona que se va intervenir, teniendo en cuenta que dicha población está en crecimiento y los posibles cambios a futuro que pueden generarse en el tráfico vial (Hurtado, 2016).

En muchos países, existen agentes externos que perjudican la estructura de las carreteras, como el verse expuesta a temperaturas muy altas o bajas. Estados Unidos es uno de los países que tiene una temperatura muy alta, donde en días muy calurosos puede superar fácilmente los 30 °C, mientras que, en épocas de invierno, la temperatura llega a encontrarse por debajo de 0 °C. Por tal motivo, se realizan diferentes estudios de pavimento, examinando cual se adecua mejor a las necesidades físicas y mecánicas que se requiere en una carretera donde no solo se ve expuesta a los cambios de clima bruscamente, sino también, a sus cambios de temperatura (ShareAmérica, 2017).

Otro factor muy importante al momento de diseñar y elaborar una pavimentación, recae especialmente en las autoridades municipales quienes son los que se encargan de ejecutar la mejor alternativa que se adecue a las necesidades de la zona evaluada. Un ejemplo es el caso de las carreteras de Armenia, el cual es un país que, por mala administración municipal, sus carreteras se encuentran en mal estado, llegando a tener una gran disconformidad de los ciudadanos que transitan por estas. Sus ciudades presentan un deterioro de carreteras a tal grado que a los vehículos se les dificulta transitar con baches y huecos que reflejan como los agregados van desprendiéndose de la estructura de la carretera, por lo cual las autoridades municipales de dicho sector se ven en la obligación de volver a diseñar el pavimento, eligiendo entre la opción más factible que cumpla con la demanda de la población, siendo una alternativa el pavimento flexible como el rígido (Ramírez, 2023).

En Latinoamérica, existen muchos países que aun cuentan con deficiencia estructural en sus carreteras, encontrándose la gran mayoría en mal estado debido a la falta de acción de sus gobiernos en resolver esa problemática. Costa Rica posee una gran deficiencia en sus infraestructuras viales, ocasionado por el gran aceleramiento del crecimiento vehicular, el cual viene a ser otro factor que influyen en el deterioro de las infraestructuras viales. Un diseño estructural adecuado de pavimento debe garantizar su vida útil, lo cual se ve afectado por diversos factores que no se toman en cuenta al momento del diseño y ocasionan reformular una nueva estructura para cumplir con la demanda vehicular (Méndez, 2019).

Muchos países optan por realizar mantenimientos o reparaciones en sus carreteras, en donde los gobiernos o municipalidades encargadas de cada sector se encargan de evaluar y aprobar los diseños de pavimentos. El Salvador es un país que ha ido en constante crecimiento, siendo los años de 1932 y 1943 donde se construyeron las primeras redes viales interdepartamentales y rurales con la finalidad de conectar a los sectores y mejorar las actividades de comercio y transporte. Sin embargo, su principal problema, es que no cuenta con un manual establecido que permita tener un planteamiento claro de los procesos constructivos de vías y transportes, por lo cual, a pesar de ya contar con una gran cantidad de carreteras diseñadas, los diseños se basaron utilizando manuales internacionales, que permiten no tener un diseño exacto respecto al suelo correspondiente del sector que se desea pavimentar. Para realizar un diseño de pavimento, tanto flexible como rígido, se debe contar con los parámetros y procesos exactos correspondientes al suelo de la obra (Bonilla y Dubón, 2019).

En Bogotá, el desarrollo de proyectos y obras de infraestructuras viales se ha visto, en muchos casos, como un impacto negativo para las sociedades y pueblos que se desea beneficiar, debido a que se ven en amenaza los recursos naturales con los que pueden contar, además de que afecta el estilo de vida del cual están acostumbrados. El no contar con un buen planteamiento ambiental puede generar una mala aceptación de las obras viales, generando que estas no lleguen a concretarse (Durán y Sánchez, 2020).

En el Perú, en muchos departamentos existen diferentes factores que afectan la vida útil de las carreteras, esto se debe al clima variado de sus

regiones además de encontrarse en constante crecimiento. Es por ello, Juliaca cuenta con un crecimiento constante demográfico, económico y poblacional pero cuenta con carreteras que han sido dañadas por las fuertes lluvias e inundaciones afectando a muchas vías que se encuentran en estado de trocha y generando un deterioro considerable que perjudica a los vehículos que transitan por estas carreteras, por tal motivo, los diseños de pavimentos flexibles y rígidos se ven planteados con otras obras de arte, como cunetas o canaletas que permiten dar un desfogue al agua sin que afecte las vías (Canahuirí, 2021).

Arequipa es otro departamento que se ha visto afectado por el crecimiento socioeconómico además de la apertura de nuevos proyectos de minería, actividades como estas generan un crecimiento exponencial no solo de vehículos livianos, sino también, de vehículos pesados, lo cual viene a ser un factor que perjudica la estructura de la vía existente, además de también verse afectada por otros agentes como las precipitaciones que se dan en diversas zonas del Perú. Por tal motivo, se debe evaluar el diseño estructural de pavimento que va acorde a las demandas vehiculares y que pueda soportar el clima de la zona, ya sea un pavimento flexible o rígido, pero teniendo el mejor costo acorde a su mantenimiento y vida útil (Huaylla, 2022).

Por otro lado, la costa peruana se ve afectada por diversos agentes que deterioran el pavimento, como la brisa marina, los suelos arenosos y arcillosos de baja resistencia, el nivel de napa freática estando superficialmente, entre otros. En Chiclayo, cuenta con un suelo arcilloso el cual suele causar problemas en las ejecuciones de obra, por otro lado, cuenta con un clima con temperaturas altas que llegan, y en algunos casos sobrepasa, a los 30 °C, sumado a eso las fuertes lluvias que se dan por temporadas han ocasionado que las vías se deterioren y estén en mal estado en gran parte de la región, por lo cual realizar un diseño adecuado de pavimento es de suma importancia, con la finalidad de mejorar el tránsito vehicular y dar satisfacción a los pobladores (Rojas, 2021).

En la ciudad de Trujillo existe un amplio crecimiento vehicular, además se ha visto afectada por las lluvias del fenómeno del niño que, sumado a la pandemia producida por el COVID 19, han ocasionado que los mantenimientos de las vías no se realicen adecuadamente, provocando su deterioro en muchos tramos, siendo las vías más afectadas las que se encuentran en trocha, por lo cual se busca no solo un diseño que cumpla con las demandas vehiculares, sino

también que sea de un costo menor según el diseño planteado entre un pavimento flexible y un pavimento rígido (Reyes y Zamora, 2018).

Por otro lado, en la sierra peruana constantemente se ve afectada no solo por el crecimiento vehicular, sino también por las grandes precipitaciones que pueden darse según la época del año. En Cajamarca se utilizan distintos tipos de pavimentos, flexibles, rígidos, articulados, con geomallas y otros componentes de acorde a la necesidad y demanda de la zona, esto se debe a que, conforme va creciendo la población, surgen más necesidades y demanda vehicular, ejerciendo grandes esfuerzos a las vías las cuales fueron diseñadas para soportar una determinada carga según el año que fue diseñada. Se debe evaluar los costos y procesos constructivos para determinar la viabilidad del diseño de pavimento y su duración y vida útil (Vásquez, 2020).

La finalidad de este proyecto se basa en analizar los diseños de pavimentos que pueden implementarse para la carretera Cajamarca - Otuzco en el distrito Los Baños del Inca, lo cual presenta múltiples patologías en su superficie debido a una falta de diseño adecuado de cunetas y drenaje. Esto genera que, durante las lluvias, el agua se acumule en diversos tramos, lo cual incrementa la erosión del pavimento y provoca su deterioro acelerado. La combinación de factores como la alta humedad, las pendientes del terreno y el desgaste propio del tráfico vehicular en la zona resulta en grietas, baches y deformaciones. Estas patologías no solo afectan la vida útil de la vía, sino que también comprometen la seguridad de los conductores y usuarios, debido a la pérdida de adherencia de los vehículos sobre el pavimento mojado.

La falta de un sistema de drenaje eficiente, especialmente en las cunetas, es una de las causas principales de estos problemas. Al no contar con un diseño adecuado que permita una evacuación rápida y segura del agua de lluvia, el pavimento queda expuesto a ciclos de humedad que debilitan su estructura y afectan su resistencia. El propósito del proyecto es analizar las condiciones actuales de la carretera y diseñar un pavimento que se adapte mejor a las condiciones climáticas y de tránsito de la región, además de implementar cunetas funcionales que faciliten el drenaje y minimicen el estancamiento de agua. Con esta solución, se busca reducir las patologías del pavimento y prolongar su durabilidad, mejorando así la infraestructura vial y la seguridad en la zona.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características físicas y mecánicas que presenta la subrasante a través del estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación.
- Determinar los Ejes Equivalentes de Cargas (ESAL) que circulan por la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad a través del estudio de tráfico.
- Diseñar dos tipos de pavimento usando el método AASHTO – 93 teniendo en cuenta las especificaciones del lugar de estudio.
- Elaborar obras de drenaje pluvial para los diseños de pavimento evaluados teniendo en cuenta los parámetros del manual MTC.
- Desarrollar un análisis comparativo del presupuesto de los tipos de pavimento realizados para la zona de estudio.

1.3. Justificación del estudio

Esta investigación se justifica de forma académica por aplicar los conocimientos aprendidos en la universidad sobre los principios de diseño de pavimentos y en las teorías de ingeniería de drenaje vial, que destacan la importancia de una adecuada infraestructura para garantizar la funcionalidad, durabilidad y seguridad de las carreteras, por lo que se pretende comparar las propiedades que presenta un pavimento rígido y un pavimento flexible.

Es por ello, al incorporar un diseño de cunetas optimizado y un pavimento adaptado al tipo de suelo y condiciones ambientales, busca aplicar estos principios teóricos para prolongar la vida útil de la carretera y garantizar su desempeño bajo las condiciones específicas de la región de Cajamarca.

Por su trascendencia social, este proyecto se basa en la necesidad de mejorar la calidad de vida y la seguridad de los habitantes y usuarios de la carretera Cajamarca - Otuzco en el distrito de Los Baños del Inca. Al ser una vía de conexión importante para la provincia de Cajamarca, su deterioro afecta no solo la movilidad y el transporte de personas y bienes, sino también el

acceso a servicios básicos, como la educación, la salud y el comercio local. Una carretera en malas condiciones impacta directamente la economía de la región, dificultando las actividades comerciales y limitando las oportunidades de desarrollo para las comunidades vecinas. El diseño de un pavimento adecuado y de sistemas de drenaje funcionales contribuirá a reducir los tiempos de traslado y costos de transporte, mejorando las condiciones de vida de la población.

Además, el proyecto responde a la problemática de seguridad vial, ya que las acumulaciones de agua en la carretera incrementan el riesgo de accidentes. Al implementar un diseño de cunetas eficiente y un pavimento resistente a las condiciones climáticas, se reducirán las probabilidades de accidentes causados por el empozamiento de agua, especialmente en épocas de lluvia.

Esta investigación se justifica de forma práctica por la necesidad de encontrar soluciones a los desperfectos que pueden encontrarse en los pavimentos y determinar que pavimento resulta ser más rentable y eficiente para la carretera Cajamarca – Otuzco. Asimismo, la incorporación de un diseño adecuado de cunetas y sistemas de drenaje reducirá el riesgo de inundaciones y el desgaste estructural del pavimento, disminuyendo la frecuencia de intervenciones de mantenimiento y los costos asociados para el municipio y la comunidad. Además, se espera que un pavimento optimizado ofrezca una mejor experiencia de tránsito para los usuarios, incrementando la seguridad y la velocidad de circulación, especialmente en temporadas de lluvia.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedente Internacional

Según Durán y Sánchez (2020), en su tesis “Análisis comparativo de los aspectos técnicos, económicos y ambientales entre un diseño de pavimento rígido y uno de pavimento flexible para la ciudad de Bogotá D.C.”, teniendo el objetivo general de comparar los aspectos económicos, técnicos y ambientales de las alternativas de diseño de pavimento flexible y rígido aplicando el Software Athena Pavement LCA. El enfoque de esta investigación es de tipo descriptivo y contó con los procesos de recolección de información, revisión bibliográfica de la zona estudiada, procesamiento de la información y análisis, evaluación del impacto ambiental del pavimento, diseño y revisión sistemática de las normativas de diseño. Los resultados obtenidos de esta investigación determinó las etapas de: fabricación de materiales y extracción de recursos, transporte del material, construcción in situ, efectos de mantenimiento, efectos de rehabilitación, efectos anuales y totales operacionales de energía, observando unos espesores de 17 cm de losa y 15 cm de base granular para el diseño de un pavimento rígido y un espesor de 4cm mezcla densa en caliente MD-12, 6 cm mezcla densa en caliente MD-20, donde los costos reflejan que la opción de pavimento flexible es mayor en un 23.24% en comparación a la opción de pavimento rígido. Este estudio no solo nos ofrece evidencia práctica de los beneficios de un pavimento rígido, sino que también nos orienta hacia un enfoque de diseño que priorice la estabilidad y el desempeño a largo plazo de la carretera, asimismo, los conceptos necesarios que permiten determinar las etapas de diseño de los pavimentos flexibles y rígidos.

Según Brandao (2021), en su tesis “Estudio de la viabilidad de los parámetros de diseño y sus efectos en el desempeño de los pavimentos urbanos”, teniendo el objetivo general estudiar la variabilidad de los parámetros de diseño y sus efectos en su diseño. El enfoque de esta investigación es descriptivo y teniendo una finalidad aplicada, utilizó el análisis documental de antecedentes, procesamiento de datos informativos y revisión bibliográfica. Los resultados obtenidos que el pavimento flexible presenta una

probabilidad de falla de entre 16 a 20% mientras que un pavimento rígido presenta una probabilidad de falla entre 0.30 a 1.20%. Los resultados de esta investigación nos brindan la influencia de un pavimento según la base y el tráfico vehicular para el cual se diseña. Este antecedente nos permite considerar la selección de un tipo de pavimento que maximice la durabilidad y reduzca los costos de mantenimiento en el tiempo, además, respalda la importancia de analizar la base del pavimento y el tráfico vehicular proyectado, factores clave en el diseño de una infraestructura que resista las condiciones climáticas de la región.

Según Yagual y Limón (2021), en su tesis “Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional con pavimento rígido adicionando fibra de aluminio para mejorar sus resistencias”, teniendo el objetivo general diseñar y comparar un pavimento rígido convencional con otro pavimento rígido adicionando fibras de aluminio. Esta investigación utilizó la metodología con una técnica descriptiva con una finalidad aplicada, las técnicas y herramientas utilizadas en la recolección de datos se basó en el análisis documental y la observación. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran un pavimento rígido con un espesor de cada de losa de 32 cm con una subbase de 25 cm. esta investigación brinda los parámetros de diseño y costo de un pavimento rígido. Este antecedente nos brinda datos que nos pueden ayudar a determinar los espesores adecuados para asegurar la durabilidad y resistencia del pavimento bajo las condiciones de carga y clima características de la carretera Cajamarca – Otuzco. Además nos brinda información sobre el costo relativo de ambas opciones de diseño, lo que nos permite evaluar la relación costo-beneficio y seleccionar el tipo de pavimento más viable para maximizar la durabilidad y reducir los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo en nuestro proyecto.

2.1.2. Antecedente Nacional

Según Vilchez (2020), en su tesis “Análisis comparativo de costos entre pavimento rígido y flexible de las vías alternas carretera Marginal tramo óvalo Rondero – Bajo Portillo, Satipo”, teniendo el objetivo general de determinar el resultado de análisis comparativo de costos entre pavimento rígido y flexible. La metodología utilizada es del tipo de estudio aplicado, teniendo un nivel de

estudio descriptivo; utilizó las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos como la observación, la encuesta, la recopilación de información primaria y secundaria, junto a la medición y la entrevista; y los instrumentos utilizados fueron las fichas de observación, fichas de registro, fichas de conteo, formatos de ensayo y formatos de encuesta. Los resultados obtenidos de esta investigación muestran que el diseño de pavimento flexible tiende a ser un 25.02% más económico en comparación al diseño de pavimento rígido, mientras que el mantenimiento del pavimento rígido tiende a ser 42.68% más económico que el pavimento flexible, siendo el pavimento rígido más favorable. Esta investigación permite sustentar la elección del pavimento rígido como una alternativa de mayor costo-beneficio a largo plazo, considerando que el ahorro en mantenimiento podría justificar la inversión inicial. Además, los métodos empleados en el estudio, que incluyen la recopilación de datos primarios y secundarios y el uso de instrumentos específicos para observación y medición, pueden guiar el enfoque metodológico de nuestro proyecto, permitiéndonos realizar un análisis de costos detallado y adaptado a las particularidades de la vía y de la región.

Según Canahuiri (2021), en su tesis “Análisis comparativo técnico – económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO – 93, en el Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito de Juliaca, provincia de San Román, Puno”, donde su objetivo general fue el de analizar la comparación técnico y económico más factible, con las condiciones ESAL de diseño y del suelo IN SITU, entre pavimento rígido – flexible mediante los métodos AASHTO 93 e instituto de Asfalto; y tuvo su método de investigación del tipo correlacional y no experimental, utilizando las técnicas de recolección de datos en relación a las monografías, investigaciones relacionadas con el tema, publicaciones como normativas, información de planos y paneles fotográficos y datos obtenidos en laboratorios. Esta investigación tuvo como resultado que el pavimento flexible resulta ser más rentable respecto a su costo de diseño estructural en comparación del pavimento rígido y se diseña en menos tiempo, teniendo un espesor de capa de rodadura de 20 cm y 40 cm de base para el pavimento rígido, mientras que el pavimento flexible tiene un diseño con un espesor de

13 cm para la capa de rodadura, 27 cm de base, 24 cm de sub base y un mejoramiento de sub rasante de 120 cm. De esta investigación se puede resaltar que el tiempo de construcción es uno de los factores que influye en la comparación del diseño estructural de un pavimento rígido y uno flexible.

Según Huaylla (2022), en su tesis “Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en el anillo de desvío Circunvalación Espinar – Cuzco”, donde su objetivo general fue diseñar el pavimento del Km 0+000 hasta el Km 2+000 del anillo de desvio circunvalación de la provincia de Espinar – Cuzco, tanto en pavimento rígido como en pavimento flexible. Se caracterizo por tener una metodología de diseño enfocada en un nivel descriptivo y un tipo aplicado; las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación fueron la observación, la revisión sistemática de antecedentes y la reparación de datos, utilizando fichas de resumen y de apuntes. Los resultados que se obtuvieron en esta investigación muestran que el diseño de pavimento flexible llega a tener espesores de capas mayores a los de un pavimento rígido, teniendo una diferencia total de 10 cm entre capa total de pavimento, en donde el pavimento flexible tiene una frecuencia de mantenimiento periódico de 5 años mientras que el pavimento rígido tiene una frecuencia de mantenimiento periódico de 10 años. Esta investigación nos proporciona parámetros útiles para el cálculo de los costos de construcción, que pueden ser adaptados a las características de nuestro proyecto. Asimismo, la información obtenida de este estudio respalda la viabilidad del pavimento rígido en nuestra carretera, alineándose con nuestro objetivo de optimizar la infraestructura para que sea más resistente y económica en el tiempo.

2.1.3. Antecedente Local

Según Vásquez (2020), en su tesis titulada “Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la av. Perú de la ciudad de Chota- Cajamarca”, el objetivo general que tuvo esta investigación fue analizar el diseño de pavimento rígido y el diseño de pavimento flexible reforzados con geomalla biaxial BX-1200, utilizando su metodología aplicada por su finalidad y descriptiva por su técnica de contrastación, en donde se utilizaron las técnicas del conteo vehicular, la

observación analítica y el estudio de suelos. Los resultados de esta investigación determinaron la comparación de capas granulares de pavimentos flexibles con y sin refuerzo de geomalla, respectivamente, teniendo como resultados una disminución debido a la inclusión de geomalla, de 17.65% para la capa de base y 39.29% para la capa de sub-base, por otro lado, se tiene que hay una reducción de un 50% de capa única de subbase, ya que en éste tipo de pavimento la geomalla sobre la subrasante tiene un mejor comportamiento estructural, debido a que los esfuerzos transmitidos de la capa de rodadura hacia las capas inferiores son cargas distribuidas de manera uniforme entonces concluimos que para la zona en estudio es el más adecuado. Se obtuvo que el costo por m² de pavimento rígido es S/.137.26 soles y el costo por m² de pavimento flexible es S/.106.05 soles, aunque el costo de pavimento rígido es 29.4% mayor en relación al pavimento flexible, debido a su mejor desempeño y durabilidad en función del tiempo es el más viable en vías urbanas. Este antecedente nos sugiere que el pavimento rígido sigue siendo la opción más viable en función de su durabilidad y mejor desempeño a largo plazo, el análisis de costos demuestra que la implementación de geomalla puede hacer que el pavimento flexible sea más competitivo ya que reduce el desgaste y mejora la estabilidad estructural en capas inferiores.

Según Ipanaqué (2023), en su tesis “Diseño del pavimento de la carretera Chilete – San Pablo – Empalme ruta 3N del Km 53+780 al Km 54+780”, donde su objetivo general fue diseñar los pavimentos rígido y flexible para un tramo de un kilómetro de la carretera Chilete – San Pablo – Empalme Ruta 3N bajo distintas metodologías y elegir la opción mediante un análisis económico según la etapa de construcción y mantenimiento. La metodología empleada en esta investigación se basó en un nivel descriptivo con un tipo de estudio aplicado, utilizando las técnicas e instrumentos como la recopilación informativa y observación analítica, utilizando fichas de apuntes, experimentos en laboratorio y encuestas. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el costo de construcción del pavimento flexible es de S/. 1,057,567 y su costo de mantenimiento de S/. 364,515 siendo un total de S/. 1,422,082; mientras que el costo de diseño del pavimento rígido es de S/.

1,184,459 con un costo de mantenimiento de S/. 184,714 siendo un costo total de S/.1,370,173, siendo el pavimento rígido más favorable en proporciones de costo y tiempo de vida. Esta investigación nos recomienda el uso del método AASHTO 93 para el diseño de ambos tipos de pavimento , ya que nos brinda una metodología probada y aplicable, que podríamos emplear para calcular los espesores de capa y analizar el desempeño estructural en función de las cargas vehiculares y las condiciones locales del terreno en nuestro proyecto. Asimismo, nos ayudarán a realizar una evaluación comparativa precisa y fundamentada entre pavimento rígido y flexible, y así elegir la opción más viable y adecuada para las características de nuestra carretera.

Según García y Jara (2024), en su tesis “Análisis y diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en el tramo de la carretera La Coipa – Tamborapa, del departamento de Cajamarca”, donde el objetivo genera fue analizar el estado superficial del pavimento flexible y plantear el nuevo diseño estructural con la finalidad de mejorar la transitabilidad. Esta investigación utilizó la metodología basada en un tipo básica no experimental y teniendo un alcance descriptivo; las técnicas y herramientas utilizadas fueron la observación analítica, revisión sistemática, utilizando fichas de apuntes y recolección de datos. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron de los espesores de capa diseñados para un pavimento flexible, teniendo una capa de rodadura de 5 cm, una capa base granular de 20 cm y una capa subbase de 30 cm, según las condiciones de diseño del ESAL de 1,416,551. Esta investigación destaca la importancia de evaluar el estado superficial del pavimento y de realizar un diseño estructural que mejore la transitabilidad, lo cual es esencial para nuestra carretera en una región con lluvias frecuentes y desgaste debido al tráfico. Además, una comprensión más profunda sobre los factores de diseño y los costos asociados a la construcción de pavimentos flexibles, así como sobre las posibles fallas que este tipo de pavimento puede presentar, lo cual nos permitirá anticipar y mitigar problemas comunes en el pavimento flexible. Esto será útil en nuestro análisis comparativo, permitiéndonos evaluar si un pavimento flexible optimizado podría ser viable para el proyecto o si es más conveniente optar por una alternativa más resistente, como el pavimento rígido.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El pavimento

Es un elemento estructural la cual está compuesta por una variedad de capas obtenidas de un diseño estructural, donde los materiales que componen estas capas tienden a ser granulares y procesados en asfaltos y concreto. Tiene la finalidad de distribuir y soportar las cargas producidas por los vehículos que transitan sobre estas a las otras capas que están por debajo de la capa de rodadura, brindando a la población comodidad y seguridad al desplazarse (Sánchez, 2012).

El pavimento debe cumplir con ciertas condiciones que le permitan tener un buen desempeño según los parámetros de diseño, tales como (Montejo, 2002):

- Tener una buena resistencia ante la acción de cargas aplicadas por el tránsito vehicular.
- Proporcionar uniformidad en la superficie y tener una buena textura que permita que el desplazamiento vehicular sea confortable en su longitud y transversalidad.
- Tener un costo de construcción económico y ser duradero.
- Tener buenas condiciones de drenaje
- Tener un color que no sea reflectante y evite deslumbramientos.

2.2.2. Tipos de pavimento

Los pavimentos se dividen principalmente en tres tipos, los cuales se diferencian por su composición estructural, las capas que los conforman en la distribución de las cargas y el costo que puede conllevar la elaboración de estos, llegando a ser los siguientes: pavimento flexible, pavimento rígido y pavimento articulado (Salinas, 2018).

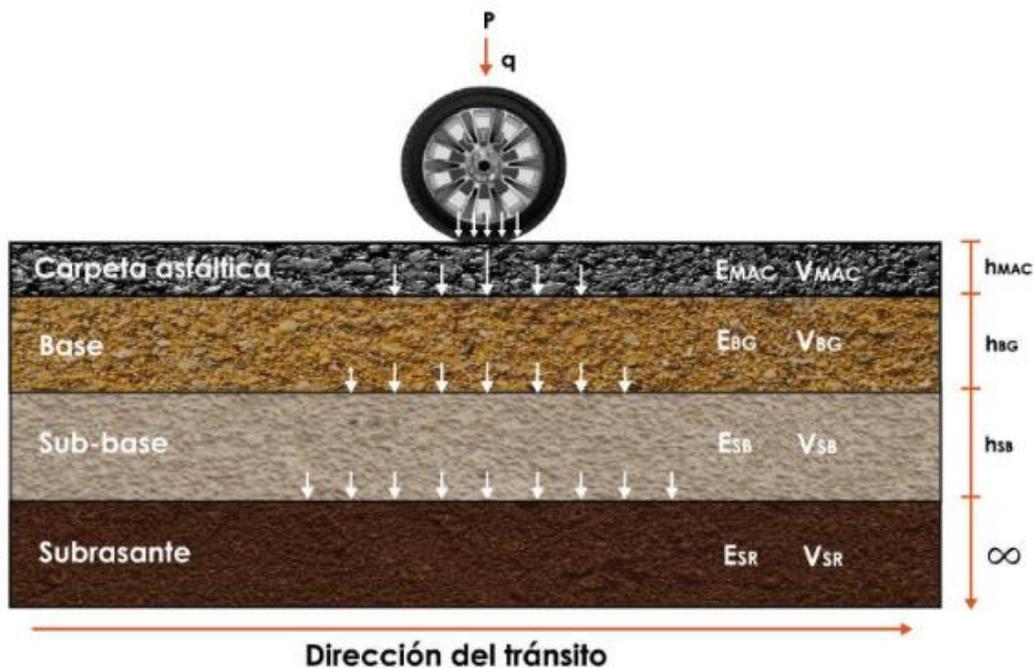
2.2.3. Pavimento flexible

Este tipo de pavimento se caracteriza por estar compuesto por capas granulares y una carpeta bituminosa, donde la carpeta asfáltica se encarga de transmitir todos los esfuerzos ocasionados por el tránsito vehicular a las capas que están debajo de esta, siendo la base, sub base y subrasante las encargadas de disipar dicha energía. La principal característica de este pavimento se basa en su costo económico de construcción a diferencia de los

otros tipos de pavimentos y su periodo de vida útil que comprende alrededor de 10 a 15 años (Choque y Soto, 2015).

Figura 1

Detalle estructural del pavimento flexible



Nota. Esta imagen muestra las capas que componen a un pavimento flexible, por Loria, 2019.

Composición estructural

El pavimento flexible está compuesto por cuatro capas, las cuales son las siguientes (MTC, 2014):

- Subrasante

Esta capa sirve de fundación para el pavimento, en la cual su calidad determina los espesores de las capas restantes. Por tal motivo, esta capa siempre es compactada según el contenido de humedad óptima que presente (Valle, 1964).

- Sub base

Esta capa se caracteriza por encontrarse encima de la capa subrasante, teniendo como principal función servir de drenaje y tener un buen control del cambio del volumen en la estructura del pavimento, controlando la ascensión que pueda tener los flujos de agua presentes en el subterráneo. Esta capa se caracteriza por estar compuesta principalmente

de material granular, siendo compactada según el contenido de humedad óptimo que presente (Valle, 1964).

- Base

Esta capa se caracteriza por encontrarse debajo de la capa asfáltica y por encima de la capa subbase, teniendo como principal función absorber y transmitir los esfuerzos que se producen por el tránsito vehicular a las demás capas con la finalidad de disipar estas fuerzas. Está conformado principalmente por material granular la cual es compactada según el contenido de humedad que presente (Valle, 1964).

- Carpeta asfáltica

Esta carpeta se caracteriza por encontrarse por encima de la carpeta base, siendo la principal carpeta por la cual transitan los vehículos, brindando una superficie plana que da seguridad a los automóviles y a la población (Valle, 1964).

Principales características de un pavimento flexible según Rico y Del Castillo (1977):

- Presenta resistencia estructural a las cargas producidas por el tránsito vehicular.
- Presenta niveles de deformación tolerables a los esfuerzos.
- Presenta un buen nivel de durabilidad según los años de diseño del pavimento.
- Tiene un costo de diseño óptimo y económico.
- Presenta comodidad y conformidad para los vehículos que transitan en el pavimento.
- Presenta requerimientos de conservación según los materiales utilizados que permiten tener una vida útil duradera.

2.2.3.1. Diseño de pavimento flexible

Los parámetros de diseño para un pavimento flexible y pavimento rígido se basan en la normativa AASHTO 93 donde se considera el estudio y conteo vehicular como también las características del suelo. Los parámetros a considerar son los siguientes (MTC, 2014):

a) Estudio del tráfico vial

Este parámetro permite determinar el índice medio diario de la vía o carretera de la cual se diseñará el pavimento. Permite calcular la demanda por carga de eje y permitiendo establecer el factor de ejes equivalentes correspondiente a los datos obtenidos (MTC, 2014).

b) Factor carril y factor direccional

El factor carril representa el número de ejes equivalentes que transitan en una dirección de la vía, mientras que el factor direccional es el parámetro que permite tener un conteo de vehículos según el sentido de circulación donde se tendrá en cuenta el sentido que tenga mayor conteo vehicular, según el número de carriles y sentidos de la vía se puede determinar el IMD (MTC, 2014).

c) Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento del tránsito vehicular se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. *Cálculo de la Tasa de crecimiento*

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n: representa el tránsito proyectado a un “n” de años según los datos veh/día que se obtuvo.

T₀: representa el tránsito actual del año base en veh/día.

n: representa los años del periodo de diseño.

R: representa la tasa anual del crecimiento que se estima para el tránsito vehicular

Este factor tiende a definirse según el crecimiento socioeconómico de la población, obtenidas del INEI y teniendo una variación entre el 2% y el 6%, permitiendo obtener el factor de crecimiento acumulado según la tasa anual de crecimiento estimado (MTC, 2014).

Ecuación 2. *Factor de crecimiento anual*

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

Donde:

Fca: representa el factor de crecimiento acumulado.

n: representa los años estimados para el periodo de diseño.

r: representa la tasa anual del crecimiento considerado para el tránsito.

d) Número de ejes equivalentes

Este parámetro depende de los ejes correspondientes a los vehículos según su categoría, donde se llega a calcular según el análisis AASHTO 93 donde se considera un factor de 8.2 Tn de carga, donde el factor de vehículo pesado representa el número de ejes equivalentes determinado según su presión neumática (MTC, 2014).

Se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 3. *Número de repeticiones de ejes equivalentes*

$$N_{rep\ de\ EE_{8.2Tn}} = \sum [EE_{día-carril} \times Fca \times 365]$$

e) Periodo de diseño según ejes equivalentes

Este parámetro se basa en el rango de repeticiones de ejes equivalentes clasificándolos en una escala desde los 75 000 EE hasta los 30 000 000 EE (MTC, 2014).

f) Subrasante

Las características de la subrasante permiten determinar la capacidad de CBR que depende de las propiedades físicas y mecánicas del suelo que influencia en el diseño estructural del pavimento, donde se tiene un factor base de 6% y respecto a este dato, sea mayor o menor el resultado obtenido, se considera factores de estabilización para el suelo o capas granulares con mayor espesor con la finalidad de soportar los esfuerzos producidos por el tránsito vehicular (MTC, 2014).

g) Diseño AASHTO 93

Esta metodología permite diseñar los pavimentos establecidos según sus capas correspondientes tanto para pavimento flexible y pavimento rígido. En este proceso se consideran el periodo de diseño, el W18, el módulo de resiliencia, la confiabilidad, el coeficiente de desviación estándar, la desviación estándar acumulada y el índice de serviciabilidad (MTC, 2014).

Ecuación 4. *Diseño de pavimento flexible – metodología AASHTO*

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_8(S_0) + 9.36\text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32\text{Log}_{10}(\text{MR}) - 8.07$$

En donde:

| | | |
|------------------|---|-------------------------|
| W_{18} | = | ESAL de diseño |
| PSI _o | = | Serviciabilidad inicial |
| PSI _t | = | Serviciabilidad final |
| Mr | = | Módulo de resiliencia |
| SN | = | Número Estructural |
| Mi | = | Calidad de drenaje |
| Z _r | = | Nivel de confianza |
| S _o | = | Desviación estándar |

Ecuación 5. Metodología AASHTO 93 – Ecuación del Número estructural

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas.

d_1, d_2, d_3 = coeficientes de espesor de capas

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje

h) Drenaje pluvial

Su finalidad es recoger, transportar, almacenar y evacuar el agua de lluvia, evitar su acumulación, prevenir la aparición de focos de contaminación ambiental, prevenir el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes y asegurar el óptimo desarrollo de la ciudad (MTC, 2021).

2.2.4. Pavimento Rígido

Este tipo de pavimento se caracteriza por estar compuesto principalmente de concreto, siendo su elemento principal el cemento Portland. Además de contar con esta losa hidráulica, cuenta con una base granular (Montejo, 2002).

Figura 2

Detalle estructural de pavimento rígido



Nota. Esta imagen muestra las capas que componen a un pavimento flexible, imagen elaborada por Loria, 2019.

Composición estructural

Las capas que conforman al pavimento rígido son principalmente (Montejo, 2002):

- Subrasante

Esta capa se caracteriza por encontrarse debajo de la capa base. Está compuesta generalmente por el material presente en el terreno natural (Montejo, 2002).

- Base

Esta capa se caracteriza por encontrarse debajo de la capa de losa de concreto, estando compuesta generalmente de material granular. Tiene la principal función de evitar los bombeos que pueden producirse en las juntas, así como grietas y transmitiendo las cargas que pasan por la losa al terreno natural, llegando a facilitar el drenaje (Montejo, 2002).

- Losa de concreto

Esta capa se caracteriza por estar por encima de la capa base, encargándose de transmitir los esfuerzos producidos por el tránsito vehicular a la capa base y disiparlos. Está compuesta principalmente por cemento Portland, permitiendo que las tensiones se distribuyan en un área mayor,

generando que el espesor en secciones que conforman el espesor de la losa (Montejo, 2002).

2.2.4.1. *Diseño de pavimento rígido*

El diseño de este pavimento se basa en la metodología AASHTO 93 la cual brinda una fórmula para determinar el cálculo del diseño de pavimento rígido; dando un método iterativo a través de las tablas que nos brinda el manual. Siendo la fórmula que brinda el manual la siguiente (MTC, 2014):

Ecuación 6. Método analítico de pavimento rígido

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 7,35 \text{Log}(D + 25,4) - 10,39 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4,2 - 1,5}\right)}{\frac{1,25 \times 10^{19}}{(D + 25,4)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32P_t) \cdot \text{Log} \left[\frac{S'_c \cdot C_d \cdot [0,09D^{0,75} - 1,132]}{1,51J \cdot \left[0,09D^{0,75} - \frac{7,38}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0,25}} \right]} \right]$$

En donde:

W_{18} = ESAL de diseño

Z_R = Desviación estándar normal

S_0 = Desviación estándar de todas las variables

D = Espesor de la losa de pavimento

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

P_t = Índice de serviciabilidad final

M_r = Resistencia media del concreto a la flexo tracción

J = Coeficiente de transferencia de carga

C_d = Coeficiente de drenaje

E_c = Módulo de elasticidad del concreto en Mpa

K = Módulo de reacción

a) Tráfico

Representa el tráfico vehicular que transita sobre el pavimento, generando un periodo de diseño determinado el cual puede ser evaluado según el conteo de ejes simples equivalentes (MTC, 2014).

b) Confiabilidad (R)

Es la probabilidad que tiene un pavimento diseñado pueda comportarse eficientemente durante su periodo vida útil o del diseño para el

cual fue elaborado. Esto permite tener una buena resistencia al tráfico vehicular y las condiciones que puede presentar el medio ambiente a la que se expone el pavimento (MTC, 2014).

c) Serviciabilidad

Es un parámetro medida que representa el comportamiento que puede llegar a tener un pavimento según la seguridad y conformidad que pueda brindar a las personas que transitan en vehículos por las carreteras (MTC, 2014).

d) Índice de serviciabilidad inicial (Po)

Este parámetro brinda la condición inicial de un pavimento que puede presentar al finalizar su construcción (MTC, 2014).

e) Índice de serviciabilidad final (Pt)

Este parámetro brinda la condición final de un pavimento que puede presentar cuando ya no existe presencia de las condiciones iniciales del diseño, lo cual perjudica la seguridad y conformidad del usuario (MTC, 2014).

f) Efecto de las capas de apoyo en el suelo (Kc)

Este parámetro representa el módulo de reacción de la subrasante (K), brindando una mejora a la subrasante según su nivel, en la cual las capas intermedias tienden a estar conformadas por capas granulares o tratadas, permitiendo tener una mejora de las condiciones de apoyo que permiten reducir el espesor de la losa de concreto calculado (MTC, 2014).

g) Resistencia a flexo tracción del concreto (Mr)

Este parámetro representa el módulo de rotura según el esfuerzo de flexión a la cual se encuentra sometido la losa de concreto por el tránsito vehicular (MTC, 2014):

Ecuación 7. Ecuación del módulo de rotura

$$Mr = a\sqrt{f'c} \text{ (expresado en kg/cm}^2\text{)}$$

Donde, según el ACI 363, los valores de a pueden tener un valor entre 1.99 a 3.18.

h) Módulo de elasticidad del concreto (E)

Este parámetro realiza un dimensionamiento de la estructura del concreto armado según la resistencia a la compresión y la flexotracción que presenta, dependiendo del ESAL de diseño. Este módulo de elasticidad se

calcula mediante la ecuación brindada por la ACI (American Concrete Institute) (MTC, 2014):

Ecuación 8. Cálculo del Módulo Elástico

$$E = 5700\sqrt{f'c}$$

i) Drenaje (Cd)

Este parámetro representa la presencia de humedad o agua que pueden encontrarse presentes en el pavimento debido a la erosión por migración del agua en el suelo, generando que la estructura de las capas se ablande por una saturación prolongada y presencia de épocas heladas aumentando el deterioro de la capa superficial (MTC, 2014).

j) Transferencia de cargas (J)

Este parámetro representa la transferencia de cargas existente entre una losa a otra, permitiendo minimizar posibles deformaciones que pueden generarse en las juntas provocado por el tráfico vehicular (MTC, 2014).

2.2.5. Obras de Arte

Se refieren a aquellas estructuras auxiliares que complementan la infraestructura vial o ferroviaria para asegurar su funcionalidad, seguridad y durabilidad. Estas obras no se limitan a la pavimentación o a la construcción de la vía principal, sino que abarcan una variedad de elementos estructurales diseñados para gestionar y mitigar problemas relacionados con el terreno, el agua y el tránsito, entre otros (Montejo, 2002).

Además, son esenciales para el funcionamiento seguro y duradero de una infraestructura de transporte, ya que mitigan los riesgos de erosión, inundación y otros problemas que pueden surgir debido a condiciones climáticas y geográficas. Algunas obras de arte por Salinas (2018) son las siguientes:

Puentes y viaductos: Permiten que la vía cruce obstáculos naturales o artificiales, como ríos, barrancos, carreteras o vías férreas, garantizando la continuidad de la ruta y la seguridad de los usuarios.

Drenajes y alcantarillas: Estructuras que facilitan el paso de agua bajo la carretera, evitando el empozamiento o inundación de la vía. Estos

sistemas de drenaje son fundamentales en zonas con alta precipitación y suelos susceptibles a la erosión.

Muros de contención: Construidos para estabilizar taludes y evitar deslizamientos de tierra o desprendimientos en carreteras ubicadas en áreas montañosas o en pendientes.

Túneles: Permiten que una carretera o vía ferroviaria atraviese montañas o zonas urbanas sin afectar la superficie o el entorno.

Cunetas y canales: Conducen el agua de lluvia fuera de la carretera, previniendo daños en la estructura del pavimento y en el entorno de la vía.

Señalización y elementos de seguridad vial: Incluyen barandas, barreras de contención, señales y otros dispositivos que contribuyen a la seguridad de los usuarios y la correcta operación de la vía.

2.2.6. Características Físicas y mecánicas del Suelo

Las propiedades físicas están relacionadas con la composición y estado físico del suelo, y son fundamentales para clasificarlo y determinar su idoneidad en distintos proyectos. Por otro lado, las propiedades mecánicas están relacionadas con la capacidad del suelo para soportar cargas y deformarse, elementos esenciales para el diseño de cimentaciones y estructuras (Sánchez, 2012).

- **Granulometría**

Determina la distribución de tamaños de partículas en el suelo (arena, limo, arcilla). Se realiza mediante análisis granulométricos de tamizado para partículas gruesas y sedimentación para finas, de acuerdo con normas como ASTM D422 y ASTM C136. Este análisis clasifica el suelo en función de su capacidad de drenaje y compresibilidad, elementos cruciales para fundaciones y terraplenes.

- **Consistencia (Límites de Atterberg)**

Incluye el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo, que permiten identificar el tipo de suelo y su comportamiento en presencia de agua. Estos parámetros se determinan según ASTM D4318, indicando si el suelo se comporta como un material plástico o cohesivo, lo cual es vital en zonas donde la humedad varía considerablemente.

- **Densidad y peso específico**

La densidad seca, húmeda y el peso específico de los suelos determinan su resistencia al asentamiento y son esenciales en cálculos de capacidad portante. ASTM D698 y ASTM D1557 establecen métodos para la determinación de la densidad en campo y laboratorio, necesarios para obras de compactación y soporte estructural.

- **Humedad**

La humedad natural del suelo se mide para conocer su estado antes de cualquier cambio en obra y su susceptibilidad al cambio volumétrico. ASTM D2216 regula la obtención del contenido de humedad del suelo, importante en zonas con climas húmedos o estacionalmente variables.

- **Capacidad de carga (resistencia a la compresión)**

La capacidad de carga o resistencia del suelo se evalúa para asegurar que puede soportar las estructuras que se construirán sobre él. Ensayos como el de consolidación (ASTM D2435) y el ensayo de corte directo (ASTM D3080) son comunes, proporcionando valores de cohesión y ángulo de fricción, que son fundamentales para calcular la capacidad portante según teorías de Terzaghi o Meyerhof.

- **Compresibilidad y consolidación**

La compresibilidad indica cuánto se deformará el suelo bajo cargas. Se evalúa con el ensayo de consolidación unidimensional, conforme a ASTM D2435. Este ensayo permite calcular el coeficiente de consolidación, el índice de compresibilidad y el índice de hinchamiento, importantes para proyectos en suelos arcillosos que tienden a compactarse lentamente.

- **Coefficiente de permeabilidad**

Mide la facilidad con la cual el agua puede pasar a través del suelo, regulado bajo normas como ASTM D2434. La permeabilidad es un factor clave en diseños de drenaje y estabilidad, especialmente en suelos finos como arcillas, que suelen tener baja permeabilidad.

- **Ángulo de fricción interna y cohesión**

Determinados a través de ensayos de corte directo o triaxial (ASTM D3080 y ASTM D4767, respectivamente), estos parámetros representan la resistencia al deslizamiento en suelos granulares y cohesivos. Son

fundamentales para el cálculo de la estabilidad de taludes y para el diseño de cimentaciones y muros de contención.

- **Módulo de elasticidad y módulo de reacción del suelo**

Estos módulos indican la rigidez del suelo y su capacidad de deformación elástica bajo carga. Los ensayos triaxiales y de carga sobre placa (ASTM D1196 y ASTM D2850) permiten determinar estos módulos, esenciales para el diseño de pavimentos y la estimación de asentamientos en cimentaciones.

2.3. Marco Conceptual

- Base: Se caracteriza por ser la capa que soporta la capa de rodadura y transfiere las cargas producidas por el transporte vehicular a las demás capas y disipa los esfuerzos sin producir daño a la estructura (MTC 2018).
- CBR: Es una evaluación indirecta de la capacidad de un suelo para resistir esfuerzos de corte en condiciones en las que se controla tanto la densidad como la humedad (MTC 2018).
- Capa de rodadura: se caracteriza por ser la capa principal del pavimento, conformada por material asfáltico o de concreto (MTC 2018).
- Confiabilidad: es la característica del proceso de diseño que determina si el comportamiento resultante del pavimento obtenido cumplirá con las demandas normativas y poblacionales para su satisfacción al transitar en estas carreteras según las condiciones de tránsito y su periodo de diseño (Montejo, 2002).
- Cunetas: Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial (MTC 2018).
- Factor equivalente de carga: representa la carga vehicular que puede ejercerse en un pavimento según los ejes estándar obtenidos en el periodo de diseño (MTC 2018).
- Módulo resiliente: este parámetro representa las propiedades del suelo obtenidas mediante un estudio de mecánica de suelos, permitiendo

determinar la composición de la subrasante según el diseño de pavimentos y la normativa AASHTO 93 (AASHTO, 93).

- Periodo de diseño: “Tiempo definido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable” (AASHTO, 93).
- Serviciabilidad: es la característica que determina la conformidad o comodidad de la población al transitar en las vías, determinando si es eficiente o no en el tránsito vehicular (MTC, 2018).
- Sub Base: Se caracteriza por ser la capa que se encuentra entre la base y la subrasante, ayudando a transmitir los esfuerzos de la capa vehicular y siendo conformada por material granular (MTC, 2018).
- Subrasante: Esta capa es utilizada en pavimentos flexibles mayormente y se encarga disipar las cargas que se transmiten en la estructura de pavimento (MTC, 2018).
- Suelo: Se trata de un grupo de materiales con una estructura organizada y propiedades variables, que engloba una amplia gama de materiales terrosos (MTC, 2018).
- Transitabilidad vehicular: El grado de calidad o nivel de atención que ofrece la infraestructura vial para garantizar un flujo de tráfico suficiente en un momento dado (MTC, 2018).

2.4. Sistema de hipótesis

El diseño de un pavimento más óptimo es el pavimento rígido, puede aportar mejor transitabilidad vial, mayor durabilidad y eficiencia de mantenimiento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada se caracteriza por buscar la aplicación directa de los conocimientos adquiridos en los problemas reales de la sociedad, entrelazando la teoría y los fundamentos tecnológicos que permiten resolver dicha problemática (Lozada, 2014).

Esta investigación se ha considerado del tipo aplicada debido a que se utilizarán los conocimientos que se adquirieron a lo largo de la carrera estudiantil poniéndolos en práctica para las problemáticas presentes de la ingeniería buscando soluciones adecuadas. En este caso se busca identificar qué tipo de pavimento es más eficiente y favorable para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

3.1.2. Nivel de investigación

Una investigación de nivel descriptivo se caracteriza por ser un método científico que describe el conocimiento observado de un sujeto en su entorno natural sin la necesidad de influir en este (Shuttleworth, 2022).

Esta investigación tiene un nivel descriptivo debido a que no se busca realizar cambios o alterar la variable de estudio, se busca realizar un análisis de manera descriptiva que permita brindar solución a la problemática de estudio de la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población está comprendida por la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

3.2.2. Muestra

La muestra de esta investigación está comprendida por los 5 Km con un ancho de 8 m de calzada que serán estudiados para determinar el diseño favorable entre un pavimento flexible y rígido en la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

3.3.1. Técnicas de la investigación

En esta investigación se utilizó las técnicas de la observación y el análisis documental para recopilar los datos necesarios para los diseños de pavimento flexible y rígido en la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca y poder determinar cuál es más eficiente.

- **La observación**, permitirá determinar los parámetros de diseño evaluando las condiciones en las que se encuentra la carretera y los parámetros como es el conteo vehicular y las características físicas y mecánicas obtenidas del estudio de mecánica de suelos.
- **Análisis documental**, este método permitirá obtener la información necesaria para los diseños, como normativas y procedimientos establecidos por el método AASHTO 93 y MTC (Manual de transportes y comunicaciones) para determinar el diseño estructural de pavimento más eficiente según las características y demandas poblacionales del distrito Los Baños del Inca.

3.3.2. Instrumentos de la investigación

Los instrumentos utilizados en esta investigación corresponden a las técnicas ya mencionadas con la finalidad de obtener datos precisos y verídicos necesarios para el diseño de los pavimentos rígido y flexible y poder determinar la eficiencia de cada uno, siendo los siguientes:

- **La Guía de observación**, permitirá obtener los datos que detallan el estado actual de la vía y la demanda vehicular que presenta la población correspondiente a la carrera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad.
- **La Ficha de registro de datos**, es de utilidad para obtener el conteo vehicular necesario para el diseño de los pavimentos y la obtención de las características físicas y mecánicas del estudio de mecánica de suelos.

Materiales

Los materiales que se consideraron para la obtención de datos son los siguientes:

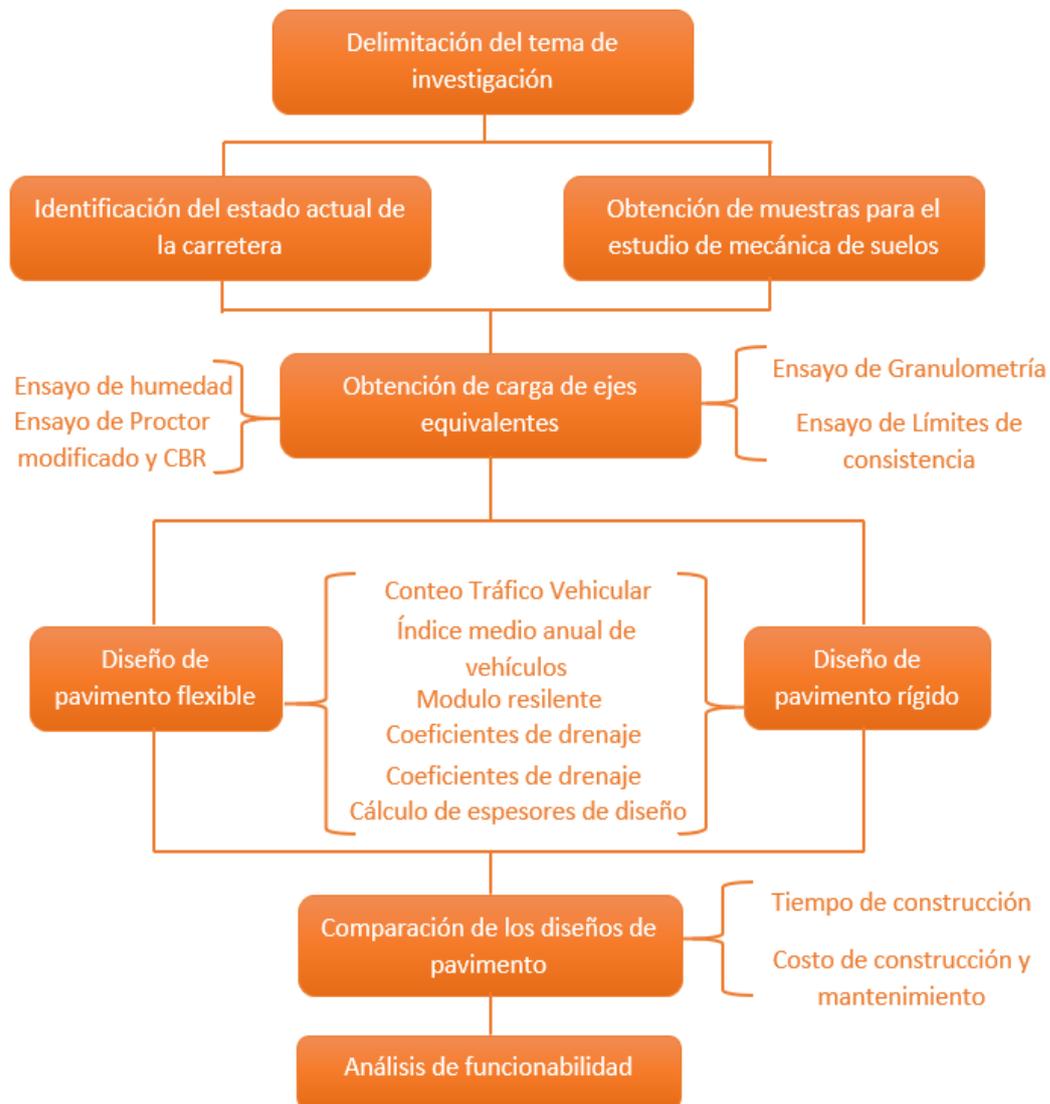
- Planos referenciales a la carretera de estudio
- GPS
- Wincha de fibra enrollable de 50 m.

- Odómetro para medir las distancias de la carretera de estudio
- Ficha y lista de control vehicular
- Cámara fotográfica
- Programa Google Earth
- Programa de Civil 3D para la realización de los planos
- Palas, picos para realizar las calicatas
- Conos de seguridad

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Figura 3

Procesamiento de datos de la investigación



Nota. Esta imagen muestra el proceso que se llevará a cabo para la realización de la investigación, realizado por Chomba, 2024.

IV. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas y mecánicas de la zona de estudio

Se realizó un estudio de mecánica de suelos para la subrasante con la finalidad de obtener los parámetros correspondientes a sus propiedades para realizar los diseños de pavimento. Para la obtención de las características del suelo, se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo granulométrico (NTP 339.128)
- Ensayo de límites de consistencia (NTP 339.129)
- Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127)
- Método de clasificación de suelos AASHTO 93
- Método de clasificación de suelos SUCS
- Ensayo CBR

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1

Granulometría y límites de consistencia

| N° de Calicata | Muestra | Profundidad | % Gravas | % Arena | % Finos | % LL | % LP | %IP | % humedad |
|----------------|---------|-------------|----------|---------|---------|--------|--------|------------|-----------|
| C-1 | M-1 | 1.50 m. | 5.99% | 61.10% | 32.91% | 27.00% | 16.50% | 10.50 % | 13.00 |
| C-2 | M-1 | 1.50 m. | 10.04% | 57.59% | 32.37% | 29.50% | 17.00% | 12.50 % | 6.20 |
| C-3 | M-1 | 1.50 m. | 9.03% | 60.80% | 30.17% | 25.00% | 14.00% | 11.00 % | 5.30 |
| C-4 | M-1 | 1.50 m. | 8.84% | 60.76% | 30.40% | 29.00% | 17.00% | 12.00 % | 6.85 |
| | | | 8.48% | 60.06% | 31.46% | 27.63% | 16.13% | 11.50 % | 7.84 |

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos, en el cual se observan los resultados de granulometría, límite de consistencia y contenido de humedad, elaborado por Chomba, 2024.

Tabla 2

Clasificación AASHTO y SUCS

| N° de Calicata | Muestra | Clasificación | |
|----------------|---------|---------------|------|
| | | AASHTO | SUCS |
| C-1 | M-1 | A-2-6 | SC |
| C-2 | M-1 | A-2-6 | SC |
| C-3 | M-1 | A-2-6 | SC |
| C-4 | M-1 | A-2-6 | SC |

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos de la clasificación de suelos mediante el método AASHTO y SUCS, elaborado por Chomba, 2024.

Tabla 3

Ensayo CBR

| Calicata | CBR al 100% | CBR al 95% |
|----------|-------------|------------|
| C - 1 | 10.65% | 10.12% |
| C - 2 | 14.25% | 13.54% |
| C - 3 | 13.95% | 13.25% |
| C - 4 | 14.07% | 11.40% |
| Promedio | 13.23% | 12.08% |

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo de CBR realizados en laboratorio, elaborado por Chomba, 2024.

Teniendo como resultado del estudio de mecánica de suelos un CBR de 12.08% al 95%, el cual será utilizado para el diseño de los pavimentos.

4.2. Determinación de ejes equivalentes de carga (ESAL)

Para determinar los ejes equivalentes de carga (ESAL), se realizó un conteo vehicular obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4

Conteo vehicular

| | | | | | | | |
|---|-------------------|--|--|--------------|---------------|-----------|--------------|
|  | PROYECTO: | <i>Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad</i> | | | | | |
| | BACHILLER: | Chomba Marreros, Jaime Wilson | LUGAR: Carretera Cajamarca - Otuzco VÍA: Ambos Sentidos | | | | |
| DÍA | SENTIDO | Automovil | PICK UP | Combi | Camión | | Total |
| | | | | | C2 | C3 | |
| LUNES | ENTRADA | 68 | 51 | 90 | 12 | 7 | 228 |
| MARTES | ENTRADA | 69 | 50 | 83 | 14 | 4 | 220 |
| MIÉRCOLES | ENTRADA | 59 | 49 | 80 | 12 | 7 | 207 |
| JUEVES | ENTRADA | 64 | 56 | 82 | 15 | 6 | 223 |
| VIERNES | ENTRADA | 60 | 46 | 83 | 16 | 8 | 213 |
| SÁBADO | ENTRAAD | 54 | 44 | 80 | 14 | 8 | 200 |
| DOMINGO | ENTRADA | 48 | 43 | 73 | 9 | 8 | 181 |
| | IMD | 60 | 48 | 82 | 13 | 7 | 210 |

Nota. Esta tabla muestra el IMD obtenido según el conteo vehicular realizado para la carretera Cajamarca -Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Obteniendo como resultado un IMD de 210 veh./día, el cual se procedió a determinar un nuevo IMD según el factor de corrección estacional obtenidos por

el flujo vehicular calculado tal y como se muestra en el Anexo 5.3 Factor de corrección, siendo los siguientes:

Tabla 5

Factor de corrección para vehículos y pesados

| CALCULO DEL IMD | |
|----------------------------------|----------------|
| Resumen para Av. Libertad | |
| Fc Veh. Ligeros = | 0.88683 |
| Fc Veh. Pesados = | 0.95694 |

Nota. Esta tabla muestra el factor de corrección estacional de vehículos ligeros y pesados para el conteo vehicular realizado en la carretera Cajamarca -Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Tabla 6

IMDa corregido

| Tipo de Vehículos - Av Libertad | IMD | Factor | IMDa | Distrib. % |
|--|------------|---------------|-------------|-------------------|
| Automovil | 60 | 0.88683 | 53 | 28.45% |
| Camioneta Pick Up | 48 | 0.88683 | 43 | 22.86% |
| Combi | 82 | 0.88683 | 72 | 38.50% |
| Camión C2 | 13 | 0.95694 | 13 | 6.69% |
| Camión C3 | 7 | 0.95694 | 7 | 3.49% |
| TOTAL IMD | 210 | | 188 | 100.00% |

Nota. Esta tabla muestra el IMDa corregido para los vehículos ligeros y pesados correspondientes al conteo vehicular realizado en la carretera Cajamarca -Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Aplicando los factores estacionales de corrección, tanto para vehículos ligeros como para vehículos pesados, se obtuvo un IMDa de 188 veh/día.

El MTC brinda los factores de distribución direccional y de carril a considerar según el número de calzadas, sentidos y carriles que presente la carretera. La carretera Cajamarca – Otuzco, cuenta con 1 calzada, con 2 sentidos y un carril por sentido, por lo cual el valor del Factor Direccional (Fd) es de 0.50, mientras que el valor del factor carril es de 1.00, tal y como se muestra en el Anexo 5.4. Factores de distribución. Además, se utilizó los factores de equivalencia por ejes para el diseño de pavimento flexible y rígido, tal como se muestra en el Anexo 5.5. Factores de equivalencia, y el cálculo de tasa de crecimiento para vehículos ligeros y pesados, tal como se muestra en el Anexo 5.6. Tasa de crecimiento, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 7

Cálculo de ESAL – Pav. Flexible

| Vehículo | IMDa | IMDA | Fc. | Fd. | Fv(lig. y pes.) | F crecimiento 20 años | ESAL 20 años |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------------------|------------------------------|---------------------|
| Automovil | 53 | 19,514 | 1.00 | 0.5 | 0.00105 | 31.37 | 323 |
| Camioneta Pick Up | 43 | 15,676 | 1.00 | 0.5 | 0.00896 | 31.37 | 2,203 |
| Combi | 72 | 26,404 | 1.00 | 0.5 | 0.01497 | 31.37 | 6,200 |
| Camión C2 | 13 | 4,591 | 1.00 | 0.5 | 4.5037 | 27.15 | 280,606 |
| Camión C3 | 7 | 2,395 | 1.00 | 0.5 | 3.2846 | 27.15 | 106,774 |
| ESAL DE DISEÑO | | | | | | | 396,106 |

Nota. Esta tabla muestra el resultado de ESAL obtenido para el diseño de un pavimento flexible correspondiente a la carretera Cajamarca -Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Tabla 8

Cálculo de ESAL – Pav. Rígido

| Vehículo | IMDa | IMDA | Fc. | Fd. | Fv(lig. y pes.) | F crecimiento 20 años | ESAL 20 años |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------------------|------------------------------|---------------------|
| Automovil | 53 | 19,514 | 1.00 | 0.5 | 0.00000 | 31.37 | 0 |
| Camioneta Pick Up | 43 | 15,676 | 1.00 | 0.5 | 0.00000 | 31.37 | 0 |
| Combi | 72 | 26,404 | 1.00 | 0.5 | 0.01497 | 31.37 | 6,200 |
| Camión C2 | 13 | 4,591 | 1.00 | 0.5 | 4.6077 | 27.15 | 287,086 |
| Camión C3 | 7 | 2,395 | 1.00 | 0.5 | 4.7308 | 27.15 | 153,788 |
| ESAL DE DISEÑO | | | | | | | 447,075 |

Nota. Esta tabla muestra el resultado de ESAL obtenido para el diseño de un pavimento flexible correspondiente a la carretera Cajamarca -Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Teniendo como resultado un ESAL de 396,106 EE para el diseño de pavimento flexible y un ESAL de 447,075 EE para el diseño de pavimento rígido. Se puede observar que, el ESAL de diseño total para pavimento rígido es 447,075, lo cual es mayor que el de pavimento flexible, indicando que el pavimento rígido está diseñado para soportar un nivel de carga más alto a largo plazo, es decir, refleja esta resistencia superior, permitiéndole soportar un tráfico pesado (como camiones de dos y tres ejes) con menos deformación y menos necesidad de mantenimiento frecuente en comparación con el pavimento flexible.

4.3. Diseño de pavimento

4.3.1. Diseño de pavimento flexible

Para realizar el diseño del pavimento flexible, tanto la metodología AASHTO 93 como el MTC, establece determinar parámetros que influyen en la ecuación de diseño, siendo los siguientes:

a) ESAL de diseño

El ESAL obtenido para el diseño de pavimento flexible es:

$$W_{18} = 396,106$$

Este número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes (ESAL) lo clasifica como un tipo Tp2 en el tipo de tráfico pesado expresado en EE, tal y como lo muestra la figura 4.

Figura 4

Tipo de tráfico pesado

| TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|--------------------------------------|--|
| T _{P1} | > 150,000 EE ≤ 300,000 EE |
| T _{P2} | > 300,000 EE ≤ 500,000 EE |
| T _{P3} | > 500,000 EE ≤ 750,000 EE |
| T _{P4} | > 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE |

Nota. Esta figura muestra el tipo de tráfico pesado en relación a los ejes equivalentes obtenidos en el diseño, elaborado por el MTC, 2013

b) Módulo de resiliencia

Este parámetro se obtiene mediante la fórmula que brinda el MTC, utilizando el CBR obtenido, obteniendo lo siguiente:

$$CBR = 12.08\%$$

$$M_r = 2555 \times 12.08^{0.64}$$

$$M_r = 12,586.75 \text{ PSI}$$

c) Confiabilidad

Este parámetro se obtiene según el tipo de tráfico expresado en ejes equivalentes, el cual al ser un tipo Tp2, se tiene una confiabilidad del 75%, tal y como se muestra en la Figura 5:

Figura 5

Nivel de confiabilidad de diseño

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,000 | 150,000 | 65% |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 70% |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 75% |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 80% |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 80% |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 90% |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 90% |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 90% |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 95% |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 95% |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 95% |
| T _{P15} | >30'000,000 | | 95% | |

Nota. Esta figura muestra la confiabilidad correspondiente al tipo de tráfico Tp2 para el diseño de pavimento flexible, elaborado por el MTC, 2013

d) Coeficiente estadístico de desviación estándar normal

Este parámetro se obtiene según el tipo de ejes equivalentes, el cual al ser un tipo Tp2, se obtiene una desviación estándar normal (Zr) de -0.674, tal y como se muestra en la figura:

Figura 6

Desviación estándar normal (Zr)

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,001 | 150,000 | -0.385 |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | -0.524 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | -0.674 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | -0.842 |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | -0.842 |

Nota. Esta figura muestra el nivel de desviación estándar normal según el tipo de ejes equivalentes Tp2 para el diseño de pavimento flexible, elaborado por el MTC, 2013.

e) Desviación estándar combinada

Este parámetro representa la variabilidad que puede presentar la predicción del tránsito y los factores que puedan afectar en el comportamiento del pavimento. El MTC recomienda utilizar valores para el S_o entre 0.40 y 0.50.

Para esta investigación se decidió utilizar un valor de $S_o = 0.45$.

f) Índice de serviciabilidad

El índice de serviciabilidad está establecido por un índice de serviciabilidad inicial y un índice de serviciabilidad final.

Para esta investigación, el índice de serviciabilidad inicial es de 3.80, tal y como se muestra en la Figura 7:

Figura 7

Serviciabilidad inicial

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 3.80 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 3.80 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 3.80 |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 3.80 |

Nota. Esta figura muestra el índice de serviciabilidad inicial según el tipo de ejes equivalentes Tp2 para el diseño de pavimento flexible, elaborado por el MTC, 2013

Para esta investigación, el índice de serviciabilidad final es de 2.00, tal y como se muestra en la imagen:

Figura 8

Serviciabilidad final

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 2.00 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 2.00 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 2.00 |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 2.00 |

Nota. Esta figura muestra el índice de serviciabilidad final según el tipo de ejes equivalentes Tp2 para el diseño de pavimento flexible, elaborado por el MTC, 2013.

g) Número estructural

El número estructural se obtiene a través de la fórmula del diseño de la estructura de pavimento flexible, obteniendo el siguiente resultado:

$$\log_{10}(396105.63) = -0.674 \times 0.45 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{3.8 - 2.0}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(12586.75) - 8.07$$

$$SN = 2.19$$

Obteniendo un número estructural de 2.34. Utilizando la fórmula del cálculo del número estructural se determina los espesores de cada capa, siendo los siguientes:

$$2.19 = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3$$

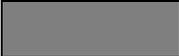
- En donde los valores de $a_1 = 0.125$; $a_2 = 0.052$ y $a_3 = 0.047$, tal y como se muestra en los Anexos 6.1. Coeficientes estructurales.
- El valor de $m_2 = 1.00$ y $m_3 = 1.00$, tal como se muestra en el Anexo 6.2. Calidad de drenaje.

Iterando los valores, siendo la capa asfáltica d1 de 6 cm, tal y como recomienda el MTC en su catálogo de diseño, se obtiene que la capa base d2 es de 20cm alcanzando el número estructural obtenido, sin la necesidad de una capa subbase.

$$2.19 = 0.125 \times 8 + 0.052 \times 1.4 \times 15 + 0.047 \times 1.35 \times 15$$

$$2.19 < 3.04$$

Obteniendo el siguiente diseño de pavimento:

| | | |
|----------------|---|-------|
| Capa Asfáltica |  | 8 cm |
| Capa Base |  | 15 cm |
| Capa Sub-base |  | 15 cm |

4.3.2. Diseño de pavimento rígido

Para realizar el diseño del pavimento rígido, se necesitan una serie de parámetros para determinar el espesor de la capa, siendo los siguientes:

a) ESAL

El ESAL obtenido para el diseño de pavimento flexible es:

$$W_{18} = 447,074.71$$

Este número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes (ESAL) lo clasifica como un tipo Tp2 en el tipo de tráfico pesado expresado en EE, tal y como se muestra la figura 9:

Figura 9

Tipo de tráfico pesado

| TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|--------------------------------------|--|
| T _{P1} | > 150,000 EE ≤ 300,000 EE |
| T _{P2} | > 300,000 EE ≤ 500,000 EE |
| T _{P3} | > 500,000 EE ≤ 750,000 EE |
| T _{P4} | > 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE |

Nota. Esta figura muestra el tipo de tráfico pesado en relación a los ejes equivalentes obtenidos en el diseño, elaborado por el MTC, 2013

b) Serviciabilidad

Este parámetro está compuesto por una serviciabilidad inicial y una serviciabilidad final, las cuales se obtienen del MTC en la sección de diseño de pavimento rígido mediante la clasificación de tipo de tráfico pesado la cual, al ser del tipo Tp2, se obtiene los valores de $P_i = 4.10$ y $P_t = 2.00$, tal y como

se muestra en la figura 10:

Figura 10

Serviciabilidad inicial y final

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi) | INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt) | DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--|---|--|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |

Nota. Esta figura muestra los valores de serviciabilidad inicial y final, utilizados para el diseño de pavimento rígido, obtenidos del MTC, 2013.

c) Confiabilidad y Desviación estándar

Estos parámetros se obtienen del MTC a través de la clasificación de tráfico pesado, en donde, para un tipo Tp2, el manual nos indica que la confiabilidad (R) es de 75% y la desviación estándar (ZR) es de - 0.674, tal y como se muestra en la figura 11:

Figura 11

Nivel de Confiabilidad y Desviación Estándar

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|----------------------------|---------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,000 | 150,000 | 65% | -0.385 |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 70% | -0.524 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 75% | -0.674 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 80% | -0.842 |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 80% | -0.842 |

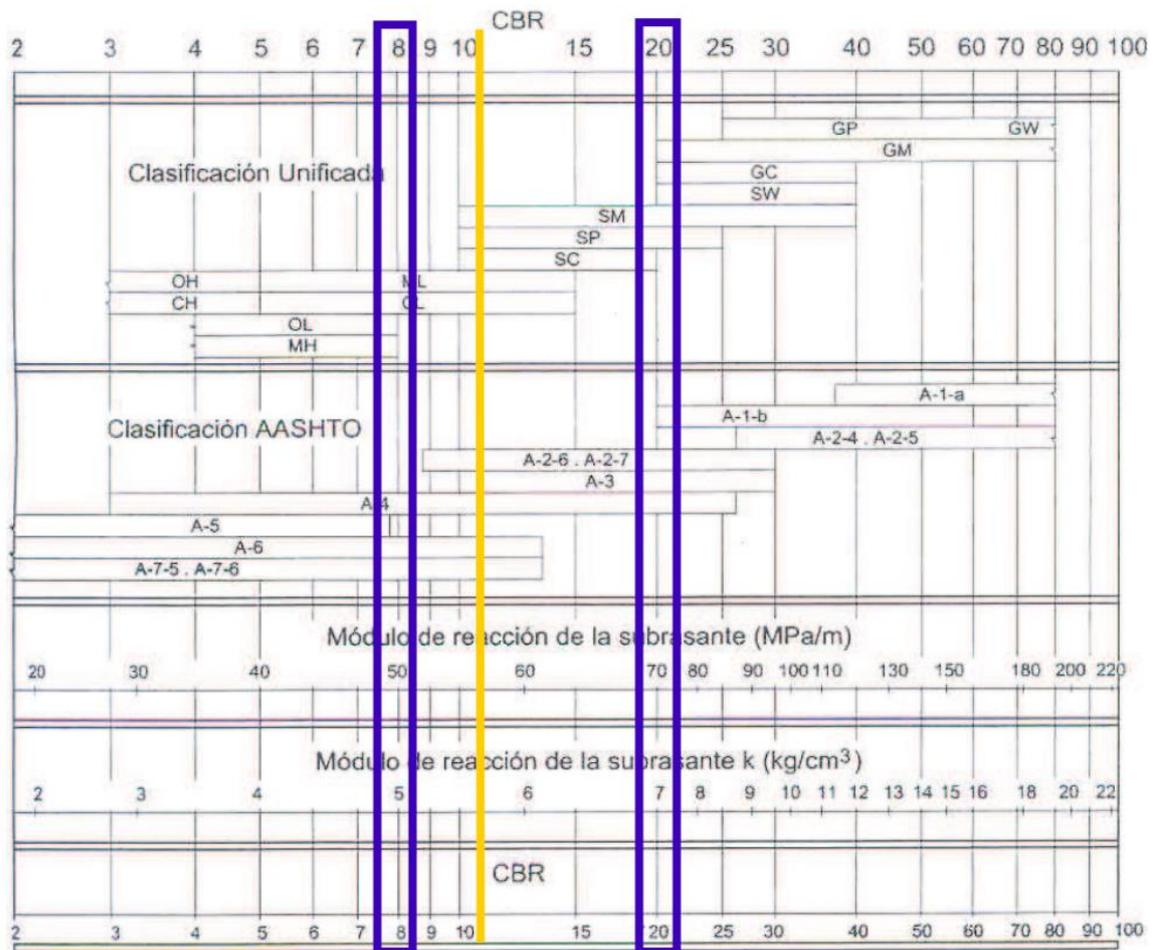
Nota. Esta figura muestra los valores de confiabilidad y desviación estándar para un tipo de tráfico pesado Tp2 utilizados para el diseño de pavimento rígido, obtenidos del MTC, 2013.

d) Módulo de reacción

Para obtener el módulo de reacción (Kc), se utilizó las correlaciones directas establecidas en el MTC, lo cual permite obtener el coeficiente de reacción mediante el CBR, obteniendo lo siguiente:

Figura 12

Correlación CBR y Módulo de reacción



Nota. Esta figura muestra los valores de correlación utilizados según el CBR obtenido para el diseño de pavimento rígido, obtenidos del MTC, 2013.

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

- K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subbase granular
- K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado
- K_0 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub rasante
- h : Espesor de la subbase granular

Relación:

$$\frac{20 - 8}{20 - 12} = \frac{70 - 50}{70 - x}$$

Iterando, se obtuvo el valor de 56.80 MPa/m.

Tabla 9*Cálculo del Kc para diseño de pav. rígido*

| Cálculo del Kc para diseño de Pavimento Rígido – Cajamarca - Otuzco | |
|--|-------|
| h | 15 |
| Ko | 56.80 |
| K1 | 160 |
| Kc | 65.03 |

Nota. Esta tabla detalla los coeficientes de reacción para diseño de pavimento rígido, por Chomba, 2024.

e) Resistencia a la retroflexión del concreto

Para determinar el cálculo del Módulo de rotura (M_r), se determinó la resistencia de concreto a utilizar en el diseño según el tipo el ESAL de diseño obtenido el cual, al ser de 447,074.71EE, se utilizó un $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un $M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$ o 3.923 MPa, tal y como se muestra en la figura 13:

Figura 13*Módulo de rotura y resistencia del concreto*

| RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR) | RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c) |
|--|--|--|
| $\leq 5'000,000 \text{ EE}$ | 40 kg/cm ² | 280 kg/cm ² |
| $> 5'000,000 \text{ EE}$ $\leq 15'000,000 \text{ EE}$ | 42 kg/cm ² | 300 kg/cm ² |
| $> 15'000,000 \text{ EE}$ | 45 kg/cm ² | 350 kg/cm ² |

Nota. Esta figura muestra los valores recomendados de la resistencia del concreto según el rango de tráfico vehicular, obtenido del MTC, 2013.

f) Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad se obtuvo utilizando la resistencia del concreto obtenida anteriormente y la fórmula de elasticidad que brinda el manual, siendo el siguiente resultado:

$$E = 57,000x\sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} = 57,000x\sqrt{3982.536 \text{ PSI}}$$

$$E = 3,597,118.217 \text{ PSI} = 24,801.257 \text{ MPa}$$

g) Coeficiente de drenaje

Este parámetro se obtuvo siguiendo la recomendación del MTC, la cual indica que, para la definición de las secciones de estructuras de pavimento, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido es de 1.00; por lo cual:

$$Cd = 1.00$$

Figura 14

Calidad de Drenaje

| Calidad de Drenaje | Tiempo de Remoción del Agua |
|--------------------|-----------------------------|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 Semana |
| Pobre | 1 mes |
| Muy Pobre | No drena |

Nota. Esta figura muestra los valores la calidad del Drenaje, obtenido del MTC, 2013.

Figura 15

Calidad del Drenaje y Porcentaje de Tiempo

| Calidad del Drenaje | % de Tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación | | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|------|
| | < 1 | 1 - 5 | 5 - 25 | > 25 |
| Excelente | 1.40 - 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35 - 1.25 | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.05 | 1.05 - 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15 - 1.05 | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60 |
| Muy Pobre | 1.05 - 0.95 | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40 |

Nota. Esta figura muestra los valores recomendados del Coeficiente de Drenaje, obtenido del MTC, 2013.

h) Coeficiente de transferencia de cargas

Para esta investigación, se decidió usar un concreto hidráulico sin pasadores, por lo cual el valor del coeficiente de transferencia de cargas es:

Figura 16

Tipo de Berma y Valores J

| TIPO DE BERMA | J | | | |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | GRANULAR O ASFÁLTICA | | CONCRETO HIDRÁULICO | |
| VALORES J | SI (con pasadores) | NO (sin pasadores) | SI (con pasadores) | NO (sin pasadores) |
| | 3.2 | 3.8 – 4.4 | 2.8 | 3.8 |

Nota. Esta figura muestra el valor J en el concreto hidráulico, por MTC, 2013.

$$J = 3.80$$

i) Cálculo del Espesor de Losa

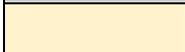
Para determinar el espesor de la losa de concreto se utilizó la fórmula que brinda el MTC, siendo el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} \text{Log}(447074.71) = & -0.674 \times 0.35 + 7.35 \text{Log}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}\left(\frac{4.10 - 2.00}{4.2 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 \times 2.5) \cdot \text{Log} \left[\frac{3.923 \times 1 [0.09D^{0.75} - 1.132]}{1.51 \times 3.8 \cdot \left[0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{24801.257}{65.03}\right)^{0.25}} \right]} \right] \end{aligned}$$

Obteniendo como resultado:

$$D = 154.82 \text{ mm} = 15.50 \text{ cm} = 6.10 \text{ pulg}$$

El MTC recomienda utilizar un espesor de 15 cm para la carpeta base, por lo cual se obtuvo el siguiente diseño de pavimento rígido:

| | | |
|------------------|---|----------|
| Losa de Concreto |  | 15.50 cm |
| Capa Base |  | 15.00 cm |

j) Juntas

Para determinar el cálculo de las juntas transversales y longitudinales se consideró las dimensiones de la carretera, siendo 5 km de longitud y 6 m de ancho de la calzada, se utilizó lo siguiente:

Figura 17

Dimensión de losa

| ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M) | LONGITUD DE LOSA (M) |
|--|----------------------|
| 2.70 | 3.30 |
| 3.00 | 3.70 |
| 3.30 | 4.10 |
| 3.60 | 4.50 |

Nota. Las dimensiones de la longitud de la losa según el ancho del carril, utilizado para el cálculo de juntas, obtenido del MTC, 2013.

Obteniendo que las losas que conforman el pavimento rígido para la carretera Cajamarca – Otuzco tienen una dimensión de 3.00 m de ancho x 3.70 m de largo.

4.4. Diseño de obras de arte

Para el diseño de obras de arte, se utilizó los datos hidrológicos brindados por la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, siendo la siguiente:

Nombre: Estación Agrometeorológica “Augusto Weberbauer”
Ubicación: Latitud: 7°10’03” S
Longitud: 78°29’35” N
Altitud: 2536 m.s.n.m.
Tipo de estación: Estación Meteorológica Agrícola Principal (MAP)

La cual brinda el siguiente cuadro de datos mensuales de precipitación mensual en mm entre un periodo de 1990 al 2022:

Tabla 10

Datos mensuales de precipitación mensual

| N° | AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|-----------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1990 | 101.8 | 68.5 | 58.3 | 27.4 | 39.5 | 24.6 | 0.8 | 7.1 | 20.1 | 87.6 | 99.1 | 72.3 | 607.1 |
| 2 | 1991 | 43.8 | 90.0 | 133.7 | 55.2 | 17.9 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 10.2 | 28.2 | 55.1 | 71.9 | 507.4 |
| 3 | 1992 | 52.6 | 31.8 | 66.6 | 46.5 | 18.9 | 21.2 | 4.6 | 10.0 | 40.8 | 64.0 | 32.0 | 34.1 | 423.1 |
| 4 | 1993 | 61.0 | 106.2 | 245.0 | 102.9 | 30.2 | 1.9 | 3.3 | 2.9 | 51.4 | 106.3 | 71.4 | 84.1 | 866.6 |
| 5 | 1994 | 116.9 | 103.1 | 170.2 | 144.9 | 35.3 | 3.3 | 0.0 | 0.2 | 11.9 | 27.2 | 89.8 | 122.6 | 825.4 |
| 6 | 1995 | 43.8 | 108.3 | 75.7 | 49.7 | 20.6 | 1.7 | 13.2 | 10.8 | 11.5 | 51.8 | 50.5 | 76.4 | 514.0 |
| 7 | 1996 | 65.2 | 124.0 | 120.1 | 50.4 | 7.7 | 0.8 | 0.5 | 15.8 | 13.9 | 76.2 | 68.8 | 34.1 | 577.5 |
| 8 | 1997 | 64.8 | 152.9 | 26.5 | 40.4 | 17.0 | 15.4 | 0.2 | 0.0 | 27.4 | 50.8 | 119.9 | 129.4 | 644.7 |
| 9 | 1998 | 103.0 | 116.5 | 257.0 | 83.9 | 19.6 | 4.8 | 1.3 | 4.7 | 17.8 | 79.9 | 29.1 | 47.9 | 765.5 |
| 10 | 1999 | 94.8 | 242.7 | 77.5 | 65.0 | 53.7 | 22.8 | 22.1 | 1.2 | 81.4 | 21.7 | 77.0 | 68.9 | 828.8 |
| 11 | 2000 | 46.0 | 162.3 | 126.3 | 77.3 | 40.5 | 15.6 | 2.1 | 13.4 | 56.6 | 9.9 | 44.5 | 122.3 | 716.8 |
| 12 | 2001 | 191.2 | 100.8 | 230.2 | 57.2 | 48.1 | 2.3 | 13.9 | 0.0 | 34.4 | 46.2 | 93.4 | 90.9 | 908.6 |
| 13 | 2002 | 27.0 | 60.0 | 133.1 | 77.2 | 23.0 | 8.8 | 10.7 | 3.4 | 14.6 | 90.3 | 99.9 | 86.1 | 634.1 |
| 14 | 2003 | 51.1 | 61.4 | 103.5 | 42.1 | 30.7 | 22.3 | 1.8 | 10.6 | 14.8 | 46.0 | 63.8 | 80.7 | 528.8 |
| 15 | 2004 | 36.0 | 102.0 | 56.9 | 44.5 | 42.4 | 2.1 | 13.8 | 29.4 | 19.0 | 63.4 | 92.6 | 123.7 | 625.9 |
| 16 | 2005 | 84.9 | 53.7 | 136.6 | 54.0 | 7.2 | 4.5 | 0.6 | 3.5 | 31.2 | 92.3 | 30.0 | 87.8 | 586.3 |
| 17 | 2006 | 83.2 | 101.6 | 199.3 | 77.6 | 7.7 | 23.9 | 1.8 | 6.1 | 33.6 | 12.7 | 60.4 | 81.7 | 689.6 |
| 18 | 2007 | 95.4 | 17.5 | 182.4 | 111.5 | 29.0 | 1.4 | 10.7 | 6.4 | 11.6 | 118.9 | 97.6 | 68.8 | 751.2 |
| 19 | 2008 | 80.2 | 133.3 | 118.4 | 99.1 | 22.7 | 15.4 | 2.3 | 11.7 | 34.7 | 96.5 | 72.2 | 97.1 | 783.6 |
| 20 | 2009 | 180.7 | 74.6 | 110.5 | 78.8 | 42.2 | 17.9 | 12.3 | 3.9 | 11.8 | 78.5 | 109.4 | 74.2 | 794.8 |
| 21 | 2010 | 49.5 | 112.9 | 154.0 | 88.4 | 31.6 | 8.9 | 2.6 | 1.3 | 28.9 | 43.4 | 52.5 | 70.8 | 644.5 |
| 22 | 2011 | 76.6 | 73.3 | 125.2 | 102.0 | 16.7 | 0.4 | 8.3 | 0.0 | 47.1 | 31.5 | 24.4 | 109.7 | 615.2 |
| 23 | 2012 | 154.2 | 134.7 | 126.4 | 72.8 | 51.5 | 0.8 | 0.0 | 2.5 | 19.1 | 83.3 | 120.3 | 58.3 | 823.9 |
| 24 | 2013 | 61.5 | 98.0 | 213.6 | 73.8 | 62.6 | 7.5 | 5.7 | 8.9 | 3.7 | 110.7 | 17.0 | 51.9 | 714.9 |
| 25 | 2014 | 75.7 | 67.3 | 143.2 | 78.8 | 26.9 | 5.0 | 2.0 | 3.9 | 27.7 | 26.5 | 45.7 | 114.9 | 617.6 |
| 26 | 2015 | 184.7 | 55.4 | 202.2 | 63.0 | 75.8 | 3.0 | 4.4 | 0.1 | 27.8 | 16.8 | 99.6 | 39.5 | 772.3 |
| 27 | 2016 | 82.9 | 85.3 | 121.3 | 56.2 | 7.0 | 1.6 | 2.1 | 1.1 | 25.1 | 60.0 | 16.1 | 63.1 | 521.8 |
| 28 | 2017 | 77.5 | 72.3 | 138.9 | 78.6 | 47.2 | 12.0 | 2.3 | 20.9 | 21.2 | 65.3 | 63.2 | 168.1 | 767.5 |
| 29 | 2018 | 99.0 | 126.4 | 117.3 | 73.3 | 50.1 | 10.8 | 0.5 | 0.0 | 24.4 | 61.8 | 97.4 | 69.4 | 730.4 |
| 30 | 2019 | 46.9 | 107.3 | 172.7 | 78.1 | 37.4 | 9.1 | 11.8 | 0.0 | 7.6 | 121.8 | 60.4 | 162.7 | 815.8 |
| 31 | 2020 | 38.2 | 31.2 | 107.9 | 56.9 | 24.9 | 7.3 | 27.6 | 0.7 | 10.6 | 33.2 | 58.3 | 140.4 | 537.2 |
| 32 | 2021 | 100.8 | 54.3 | 138.6 | 129.5 | 38.2 | 10.5 | 4.5 | 12.3 | 23.7 | 108.8 | 58.3 | 45.7 | 725.2 |
| 33 | 2022 | 40.5 | 50.9 | 90.7 | 95.9 | 30.6 | 9.8 | 3.5 | 10.6 | 15.6 | 80.9 | 50.9 | 50.0 | 529.3 |
| Promedio | | 83.5 | 94.7 | 137.2 | 73 | 32 | 9 | 5.9 | 6 | 25.5 | 62.9 | 67.8 | 85.9 | 683.4 |
| Máximo | | 191.2 | 242.7 | 257 | 144.9 | 75.8 | 24.6 | 27.6 | 29.4 | 81.4 | 121.8 | 120.3 | 168.1 | 908.6 |
| Mínimo | | 27 | 17.5 | 26.5 | 27.4 | 7 | 0.4 | 0 | 0 | 3.7 | 9.9 | 16.1 | 34.1 | 423.1 |

Nota. Esta tabla muestra los datos mensuales en mm de las precipitaciones totales mensuales registrados en SANEMHI por la estación Augusto Weberbauer, obtenido de la ficha técnica ambiental del proyecto de exploración "COLPAYOC", 2023.

Tabla 11

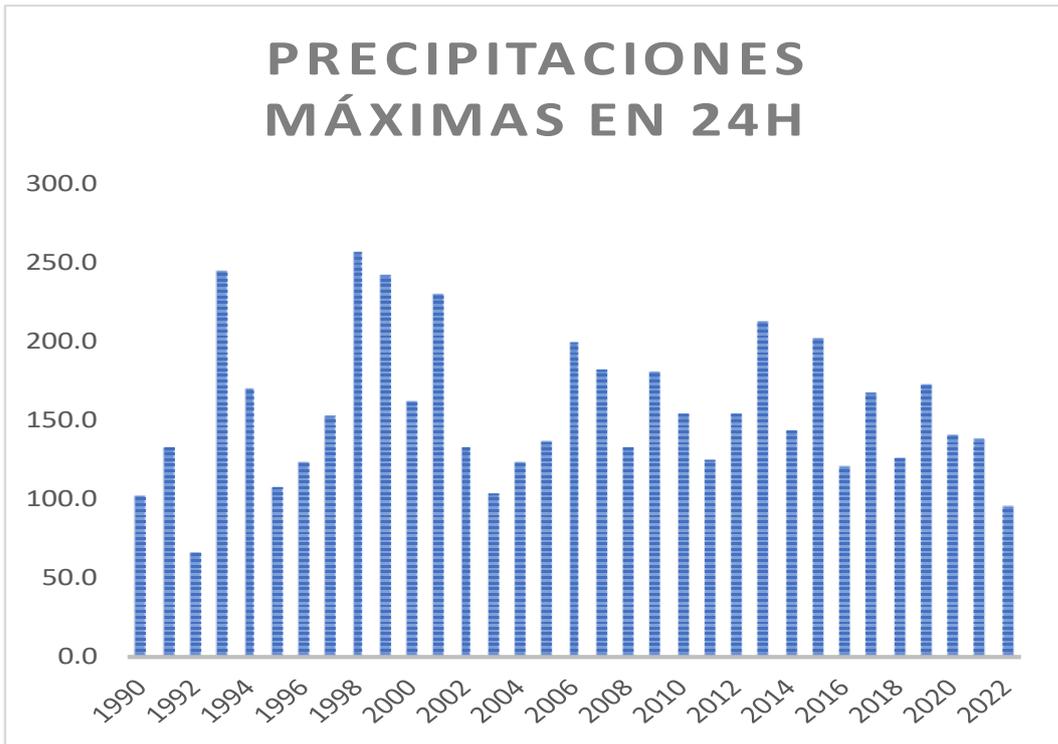
Precipitaciones máximas anuales

| Año | Máximo | |
|------|--------|---------|
| | Mes | Precip. |
| 1990 | ENE | 101.8 |
| 1991 | MAR | 133.7 |
| 1992 | MAR | 66.6 |
| 1993 | MAR | 245.0 |
| 1994 | MAR | 170.2 |
| 1995 | FEB | 108.3 |
| 1996 | FEB | 124.0 |
| 1997 | FEB | 152.9 |
| 1998 | MAR | 257.0 |
| 1999 | FEB | 242.7 |
| 2000 | FEB | 162.3 |
| 2001 | MAR | 230.2 |
| 2002 | MAR | 133.1 |
| 2003 | MAR | 103.5 |
| 2004 | DIC | 123.7 |
| 2005 | MAR | 136.6 |
| 2006 | MAR | 199.3 |
| 2007 | MAR | 182.4 |
| 2008 | FEB | 133.3 |
| 2009 | ENE | 180.7 |
| 2010 | MAR | 154.0 |
| 2011 | MAR | 125.2 |
| 2012 | ENE | 154.2 |
| 2013 | FEB | 213.6 |
| 2014 | FEB | 143.2 |
| 2015 | FEB | 202.2 |
| 2016 | FEB | 121.3 |
| 2017 | DIC | 168.1 |
| 2018 | FEB | 126.4 |
| 2019 | MAR | 172.7 |
| 2020 | DIC | 140.4 |
| 2021 | MAR | 138.6 |
| 2022 | ABR | 95.9 |

Nota. Esta tabla muestra los datos mensuales de las precipitaciones máximas en mm registradas en SENAMHI anualmente, elaborado por Chomba, 2023.

Figura 18

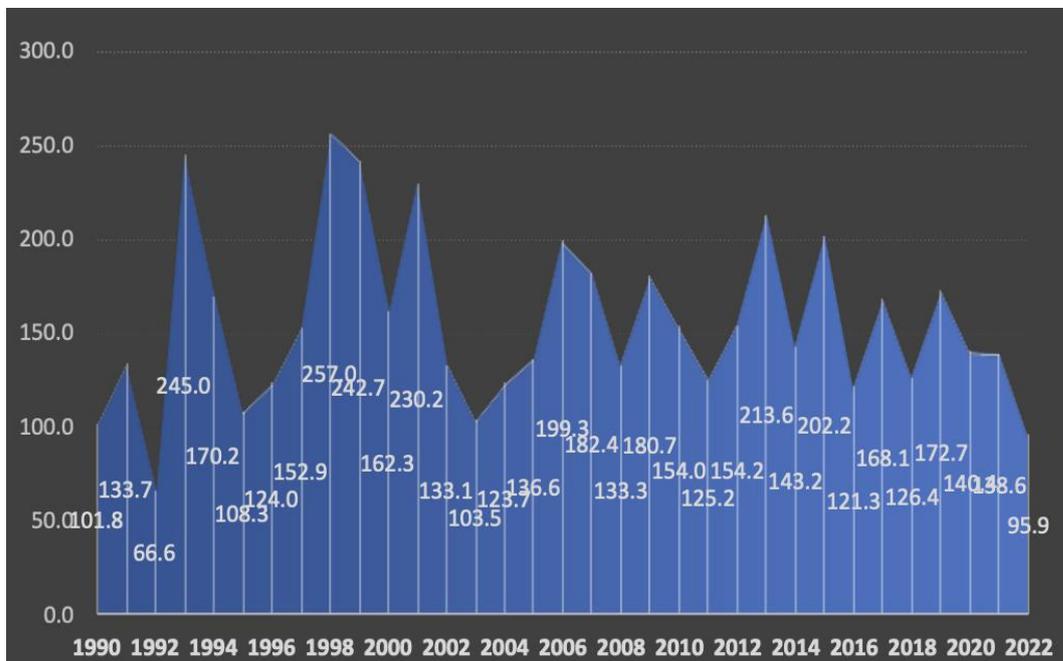
Gráfico de precipitaciones máximas anuales en 24 horas



Nota. Esta tabla muestra las precipitaciones máximas en mm registradas en SENAMHI en 24 horas por cada año, elaborado por Chomba, 2024.

Figura 19

Hietograma de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas



Nota. Esta tabla muestra como se ha realizado la variación de las precipitaciones máximas en mm registradas en SENAMHI en 24 horas por cada año, elaborado por Chomba, 2024.

Con estos datos, se procedió a realizar el cálculo de las variables probabilísticas:

$$\begin{aligned} \text{Promedio} \quad \bar{X} &= \frac{\sum x_i}{n} = \frac{5143.10}{33.00} = 155.85 \text{ mm} \\ \text{Desviación Estándar} \quad S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{67754.46}{32}} = 46.01 \text{ mm} \\ \alpha &= \frac{\sqrt{6}}{\pi} \times S = 35.88 \text{ mm} \\ u &= \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 135.14 \text{ mm} \\ Y &= -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right) \quad X = u + Y * \alpha \quad F(x) = e^{-e^{\frac{x-u}{\alpha}}} \end{aligned}$$

Con estos datos se procedió a calcular las precipitaciones diarias máximas en diferentes frecuencias:

Tabla 12

Cálculo de precipitaciones diarias máximas probables

| Periodo de retorno | Variable reducida | Precip. (mm) | Prob. de ocurrencia | Precip. Corregida |
|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|-------------------|
| Años | Y | X (mm) | F (x) | X (mm) |
| 2 | 0.3665 | 148.29 | 0.50000 | 167.57 |
| 5 | 1.4999 | 188.96 | 0.80000 | 213.52 |
| 10 | 2.2504 | 215.88 | 0.90000 | 243.94 |
| 25 | 3.1985 | 249.90 | 0.96000 | 282.38 |
| 50 | 3.9019 | 275.13 | 0.98000 | 310.90 |
| 75 | 4.3108 | 289.80 | 0.98667 | 327.48 |
| 100 | 4.6001 | 300.18 | 0.99000 | 339.21 |
| 500 | 6.2136 | 358.07 | 0.99800 | 404.62 |

Nota. Esta tabla muestra el cálculo de precipitaciones máximas calculadas para distintas frecuencias, elaborado por Chomba, 2024.

Se calculó la constante de regresión (K) además del coeficiente de regresión (m) y se realizó las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF), obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 13

Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración

| Duración | Factor de Reducción | P.M.P. (mm/24) para diferentes tiempos de duración Sg Período de Retorno | | | | | | | |
|----------|---------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 500 |
| 24 | 1.00 | 167.57 | 213.52 | 243.94 | 282.38 | 310.90 | 327.48 | 339.21 | 404.62 |
| 18 | 0.91 | 152.49 | 194.30 | 221.99 | 256.97 | 282.92 | 298.00 | 308.68 | 368.20 |
| 12 | 0.80 | 134.06 | 170.82 | 195.16 | 225.91 | 248.72 | 261.98 | 271.37 | 323.70 |
| 8 | 0.68 | 113.95 | 145.19 | 165.88 | 192.02 | 211.41 | 222.68 | 230.66 | 275.14 |
| 6 | 0.61 | 102.22 | 130.25 | 148.81 | 172.25 | 189.65 | 199.76 | 206.92 | 246.82 |
| 5 | 0.57 | 95.52 | 121.71 | 139.05 | 160.96 | 177.21 | 186.66 | 193.35 | 230.63 |
| 4 | 0.52 | 87.14 | 111.03 | 126.85 | 146.84 | 161.67 | 170.29 | 176.39 | 210.40 |
| 3 | 0.46 | 77.08 | 98.22 | 112.21 | 129.90 | 143.01 | 150.64 | 156.04 | 186.13 |
| 2 | 0.39 | 65.35 | 83.27 | 95.14 | 110.13 | 121.25 | 127.72 | 132.29 | 157.80 |
| 1 | 0.30 | 50.27 | 64.06 | 73.18 | 84.72 | 93.27 | 98.24 | 101.76 | 121.39 |

Nota. Esta tabla muestra el cálculo realizado para las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias, elaborado por Chomba, 2024.

Se procedió a calcular la intensidad de las lluvias según el periodo de retorno para las precipitaciones, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 14

Cálculo de precipitaciones diarias máximas probables

| Tipo de duración | | P.M.P. (mm/24) para diferentes tiempos de duración Sg Período de Retorno | | | | | | | |
|------------------|------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Duración | Min | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 500 |
| 24 | 1440 | 6.98 | 8.90 | 10.16 | 11.77 | 12.95 | 13.64 | 14.13 | 16.86 |
| 18 | 1080 | 9.31 | 11.86 | 13.55 | 15.69 | 17.27 | 18.19 | 18.84 | 22.48 |
| 12 | 720 | 13.96 | 17.79 | 20.33 | 23.53 | 25.91 | 27.29 | 28.27 | 33.72 |
| 8 | 480 | 20.95 | 26.69 | 30.49 | 35.30 | 38.86 | 40.93 | 42.40 | 50.58 |
| 6 | 360 | 27.93 | 35.59 | 40.66 | 47.06 | 51.82 | 54.58 | 56.53 | 67.44 |
| 5 | 300 | 33.51 | 42.70 | 48.79 | 56.48 | 62.18 | 65.50 | 67.84 | 80.92 |
| 4 | 240 | 41.89 | 53.38 | 60.99 | 70.60 | 77.73 | 81.87 | 84.80 | 101.15 |
| 3 | 180 | 55.86 | 71.17 | 81.31 | 94.13 | 103.63 | 109.16 | 113.07 | 134.87 |
| 2 | 120 | 83.79 | 106.76 | 121.97 | 141.19 | 155.45 | 163.74 | 169.60 | 202.31 |
| 1 | 60 | 167.57 | 213.52 | 243.94 | 282.38 | 310.90 | 327.48 | 339.21 | 404.62 |

Nota. Esta tabla muestra el cálculo de precipitaciones diarias máximas según el periodo de retorno, elaborado por Chomba, 2024.

Con las gráficas realizadas de tiempo de duración vs intensidad, como se muestra en el Anexo 7.1. Gráficas de Tiempo de duración vs. Intensidad, se obtuvo los valores del coeficiente y constante de regresión por cada periodo de retorno, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15

Cálculo de intensidad – tiempo de duración – periodo de retorno

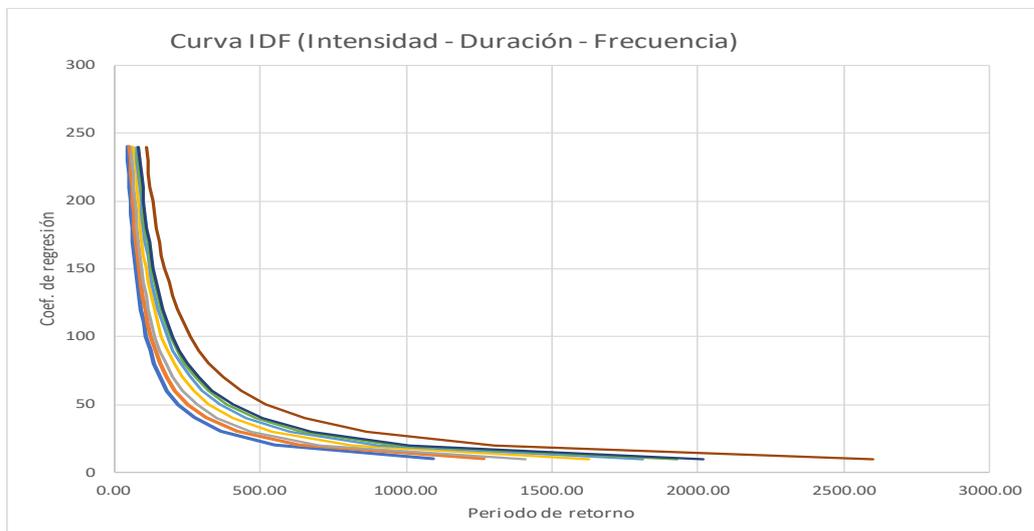
| Duración (t min) | TABLA DE INTENSIDAD - TIEMPO DE DURACIÓN - PERIODO DE RETORNO | | | | | | | |
|---------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Frecuencia (T años) | | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 500 |
| 10 | 1093.42 | 1262.36 | 1407.29 | 1624.73 | 1811.27 | 1930.17 | 2019.23 | 2598.86 |
| 20 | 546.71 | 631.18 | 703.65 | 812.37 | 905.64 | 965.08 | 1009.61 | 1299.43 |
| 30 | 364.47 | 420.79 | 469.10 | 541.58 | 603.76 | 643.39 | 673.08 | 866.29 |
| 40 | 273.35 | 315.59 | 351.82 | 406.18 | 452.82 | 482.54 | 504.81 | 649.72 |
| 50 | 218.68 | 252.47 | 281.46 | 324.95 | 362.25 | 386.03 | 403.85 | 519.77 |
| 60 | 182.24 | 210.39 | 234.55 | 270.79 | 301.88 | 321.69 | 336.54 | 433.14 |
| 70 | 156.20 | 180.34 | 201.04 | 232.10 | 258.75 | 275.74 | 288.46 | 371.27 |
| 80 | 136.68 | 157.80 | 175.91 | 203.09 | 226.41 | 241.27 | 252.40 | 324.86 |
| 90 | 121.49 | 140.26 | 156.37 | 180.53 | 201.25 | 214.46 | 224.36 | 288.76 |
| 100 | 109.34 | 126.24 | 140.73 | 162.47 | 181.13 | 193.02 | 201.92 | 259.89 |
| 110 | 99.40 | 114.76 | 127.94 | 147.70 | 164.66 | 175.47 | 183.57 | 236.26 |
| 120 | 91.12 | 105.20 | 117.27 | 135.39 | 150.94 | 160.85 | 168.27 | 216.57 |
| 130 | 84.11 | 97.10 | 108.25 | 124.98 | 139.33 | 148.47 | 155.33 | 199.91 |
| 140 | 78.10 | 90.17 | 100.52 | 116.05 | 129.38 | 137.87 | 144.23 | 185.63 |
| 150 | 72.89 | 84.16 | 93.82 | 108.32 | 120.75 | 128.68 | 134.62 | 173.26 |
| 160 | 68.34 | 78.90 | 87.96 | 101.55 | 113.20 | 120.64 | 126.20 | 162.43 |
| 170 | 64.32 | 74.26 | 82.78 | 95.57 | 106.55 | 113.54 | 118.78 | 152.87 |
| 180 | 60.75 | 70.13 | 78.18 | 90.26 | 100.63 | 107.23 | 112.18 | 144.38 |
| 190 | 57.55 | 66.44 | 74.07 | 85.51 | 95.33 | 101.59 | 106.28 | 136.78 |
| 200 | 54.67 | 63.12 | 70.36 | 81.24 | 90.56 | 96.51 | 100.96 | 129.94 |
| 210 | 52.07 | 60.11 | 67.01 | 77.37 | 86.25 | 91.91 | 96.15 | 123.76 |
| 220 | 49.70 | 57.38 | 63.97 | 73.85 | 82.33 | 87.73 | 91.78 | 118.13 |
| 230 | 47.54 | 54.89 | 61.19 | 70.64 | 78.75 | 83.92 | 87.79 | 112.99 |
| 240 | 45.56 | 52.60 | 58.64 | 67.70 | 75.47 | 80.42 | 84.13 | 108.29 |

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos para la intensidad – tiempo de duración – periodo de retorno, elaborado por Chomba, 2024.

Obteniendo la siguiente figura:

Figura 20

Gráfica de curva IDF



Nota. Esta gráfica muestra la relación existente entre intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones máximas obtenidas, elaborado por Chomba, 2024.

Diseño de cunetas:

Para realizar el diseño de cunetas, se realizó el cálculo de intensidad de diseño según el tiempo de concentración utilizando la siguiente fórmula:

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

$$S = \frac{H}{L}$$

Obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 16

Recorridos predominantes

| Recorrido | Longitud | Cota | | Desnivel | Tc |
|-----------|----------|---------|-------|----------|------------|
| | | Inicial | Final | | |
| 1 | 311.00 | 2686 | 2683 | 3.00 | 9.65633931 |
| 2 | 224.48 | 2690 | 2686 | 4.00 | 5.93175281 |
| 3 | 314.52 | 2694 | 2691 | 3.00 | 9.78268381 |
| 4 | 157.42 | 2696 | 2694 | 2.00 | 5.14130771 |
| 5 | 184.96 | 2703 | 2696 | 7.00 | 3.82364958 |

Nota. Esta tabla muestra el tiempo de recorrido obtenido para cada punto de la zona de estudio, elaborado por Chomba, 2024.

Debido a que los tiempos de recorridos obtenidos son menores a 10 min, se procedió a seleccionar el valor de $t_c = 10.00 \text{ min}$.

La intensidad de precipitación se calculó según la expresión de Bell, obteniendo:

$$P_t^{Tr} = (0.21 * Ln.T_r + 0.52) * (0.54 * t^{0.25} - 0.50) * P_{Tr=10}^{t=60'}$$

$$P_t^{Tr} = (0.21 * Ln(10) + 0.52) * (0.54 * 10^{0.25} - 0.50) * 73.18$$

$$P_t^{Tr} = (0.21 * Ln(10) + 0.52) * (0.54 * 10^{0.25} - 0.50) * 73.18$$

$$P_{t=t_c}^{Tr=10años} = 33.80 \text{ mm}$$

Siendo la intensidad de precipitación la siguiente:

$$I_t^{Tr} = \frac{P_{t=t_c}^{Tr=10años}}{t_c} * 60 \text{ mm/hora}$$

$$I_t^{Tr} = \frac{33.80}{10} * 60mm/hora$$

$$I_t^{Tr} = 202.80 mm/hora$$

El caudal por tramos se calculó de la siguiente manera:

$$q_i = \frac{C * I * A}{360} m^3/seg$$

$$q_i = \frac{0.83 * 202.80 * 1.43}{360} m^3/seg$$

$$q_i = \left(\frac{C * I * A}{360} m^3/seg \right) / L_{Total}$$

$$q_i = 0.66862/1192.38$$

$$q_i = 0.000560744 m^3/seg/m$$

Con la información base de las precipitaciones máximas en un tiempo de 24 horas pertenecientes a la zona de estudio, se procedió a calcular el caudal por tramos, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 17

Cálculo Caudal de aporte

| Recorrido | Longitud | Gasto Aporte | Cota | | Desnivel | S (m/m) |
|-----------|----------|-------------------------|---------|-------|----------|---------|
| | | Q(aporte)=Q(espec)*long | inicial | final | | |
| 1 | 311 | 0.1744 | 2686 | 2683 | 3.00 | 0.0096 |
| 2 | 224.48 | 0.1259 | 2690 | 2686 | 4.00 | 0.0178 |
| 3 | 314.52 | 0.1764 | 2694 | 2691 | 3.00 | 0.0095 |
| 4 | 157.42 | 0.0883 | 2696 | 2694 | 2.00 | 0.0127 |
| 5 | 184.96 | 0.1037 | 2703 | 2696 | 7.00 | 0.0378 |

Nota. Esta tabla el cálculo de caudal de aporte de los tramos pertenecientes a la carretera Cajamarca – Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

Teniendo el caudal de 0.1764 m3/seg, se procede a realizar el diseño de cuneta, teniendo el siguiente resultado:

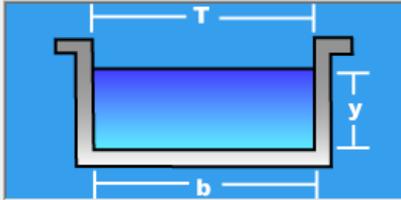
Figura 21

Cálculo de Tirante

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

| | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.176"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.3"/> | m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="0"/> | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.014"/> | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0095"/> | m/m |



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3738"/> | m | Perímetro (p): | <input type="text" value="1.0476"/> | m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.1121"/> | m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1070"/> | m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.3000"/> | m | Velocidad (v): | <input type="text" value="1.5695"/> | m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.8197"/> | | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.4993"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | | | |

Nota. Esta figura muestra el cálculo del tirante para el diseño de cuneta de la carretera Cajamarca Otuzco, elaborado por Chomba, 2024.

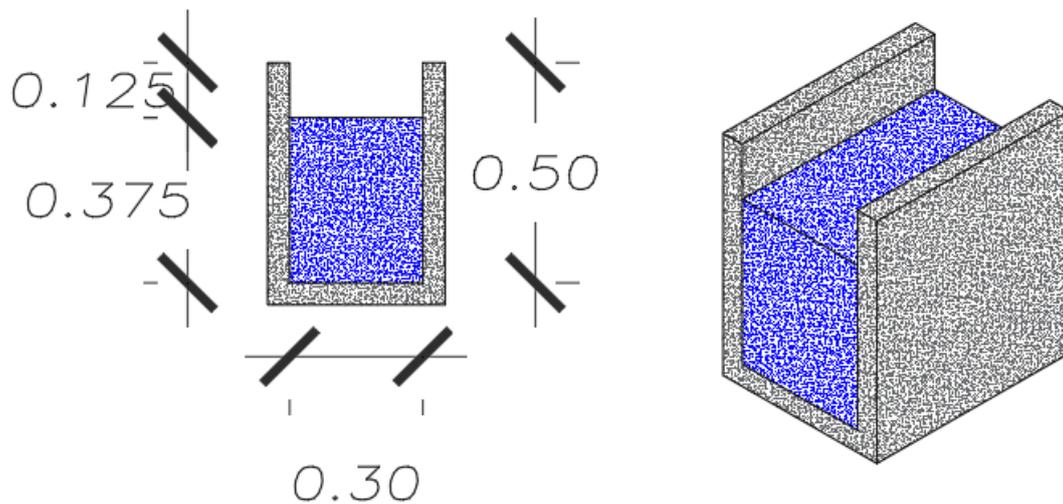
Obteniendo las siguientes medidas:

Tirante (Y): 0.375 m

Borde libre: 0.125 m

Ancho (b): 0.30 m

Obteniendo el siguiente diseño



- **Criterios de diseño**
 - ***Precipitación máxima en 24 horas***

Tabla 18

Duración de precipitación en horas

| DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN | |
|-------------------------------------|--------------------|
| EN HORAS | COEFICIENTE |
| 1 | 0.25 |
| 2 | 0.31 |
| 3 | 0.38 |
| 4 | 0.44 |
| 5 | 0.50 |
| 6 | 0.56 |
| 8 | 0.64 |

Nota. Esta tabla muestra la duración de precipitación en horas, elaborado por Chomba, 2024.

Se tomó un el valor de 1 hora de precipitación, entonces, el coeficiente es 0.25, y en función al P_{máx} ya calculado, se obtuvo una intensidad de precipitación máxima igual a 10.708 mm/h.

- ***Dimensiones mínimas de cuneta***

Tabla 19

Dimensiones mínimas de cuneta

| REGIÓN | PROFUNDIDAD (M) | ANCHO (M) |
|---------------------------------------|------------------------|------------------|
| Seca (<400 mm/año) | 0.20 | 0.50 |
| Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año) | 0.30 | 0.75 |
| Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año) | 0.40 | 1.20 |
| Muy lluviosa (>3000 mm/año) | 0.30 | 1.20 |

Nota. Esta tabla muestra las dimensiones mínimas de cuneta, elaborado por Chomba, 2024.

Para la cuneta a diseñar se utiliza un valor mínimo de 0.30m de profundidad y 0.75m de ancho, ya que el presente proyecto se ubica en una región Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año).

- ***Inclinación máxima de talud (V:H)***

Tabla 20*Inclinación máxima de talud (V:H)*

| V.D (Km/h) | I.M.D.A. (VEH./DIA) | |
|------------|---------------------|-------|
| | < 750 | > 750 |
| < 70 | 1:02 | 1:03 |
| | 1:03 | |
| > 70 | 1:03 | 1:04 |

Nota. Esta tabla muestra la inclinación máxima de talud, elaborado por Chomba, 2024

De acuerdo a la situación conocida del proyecto, la inclinación asignada para el talud es de 1:02.

- **Velocidad límite admisible**

Tabla 21*Velocidad límite admisible para cuneta*

| TIPO DE SUPERFICIE | VELOCIDAD LÍMITE ADMISIBLE (M/S) |
|--|----------------------------------|
| Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla) | 0.20 – 0.60 |
| Arena arcillosa dura, margas duras | 0.60 – 0.90 |
| Arcilla grava, pizarra blanda con cubierta vegetal | 1.20 – 1.50 |
| Hierba | 1.20 – 1.80 |
| Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas | 1.40 – 2.40 |
| Mampostería, rocas duras | 3.00 – 4.50 |
| Concreto | 4.50 – 6.00 |

Nota. Esta tabla muestra la velocidad límite admisible, elaborado por Chomba, 2024.

Se eligió el valor de velocidad límite admisible 5.00 m/s ser una cuneta de concreto.

- **Coefficientes de escorrentía método racional**

Tabla 22*Coefficientes de escorrentía método racional*

| COBERTURA VEGETAL | TIPO DE SUELO | PEDIENTE DEL TERRENO | | | | |
|---------------------------|---------------|----------------------|------|-------|-------|--------------|
| | | PRONUNCIADA | ALTA | MEDIA | SUAVE | DESPRECIABLE |
| | | >50% | >20% | >5% | >1% | <1% |
| Sin Vegetación | Impermeable | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
| | Semipermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | Permeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| Cultivos | Impermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | Semipermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Permeable | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
| Pastos, vegetación ligera | Impermeable | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | Semipermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | Permeable | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| Hierba, Grama | Impermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Semipermeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| | Permeable | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 |
| Bosques, Densa vegetación | Impermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | Semipermeable | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| | Permeable | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05 |

Nota. Esta tabla muestra los coeficientes de escorrentía racional, elaborado por Chomba, 2024.

Se seleccionó 0.50 al ser una zona con cultivos y con pendiente media entre (5 % y 20%).

- **Dimensionamiento de cuneta**

$$Q \text{ Manning} \geq Q \text{ aporte}$$

Usando el Método Racional, se obtiene el Caudal de Aporte:

Tabla 23

Valores para hallar el Caudal de Aporte

| | |
|---------------------------------|------|
| COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) | 0.55 |
| AREA MICROCUENCA (A) | 1.43 |
| INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (I) | 2.67 |

Nota. Esta tabla muestra los valores para obtener el Caudal de Aporte, por Chomba, 2024.

Entonces:

$$Q \text{ Manning} = V \times A$$

$$Q \text{ aporte} = 0.278 \text{ CIA}$$

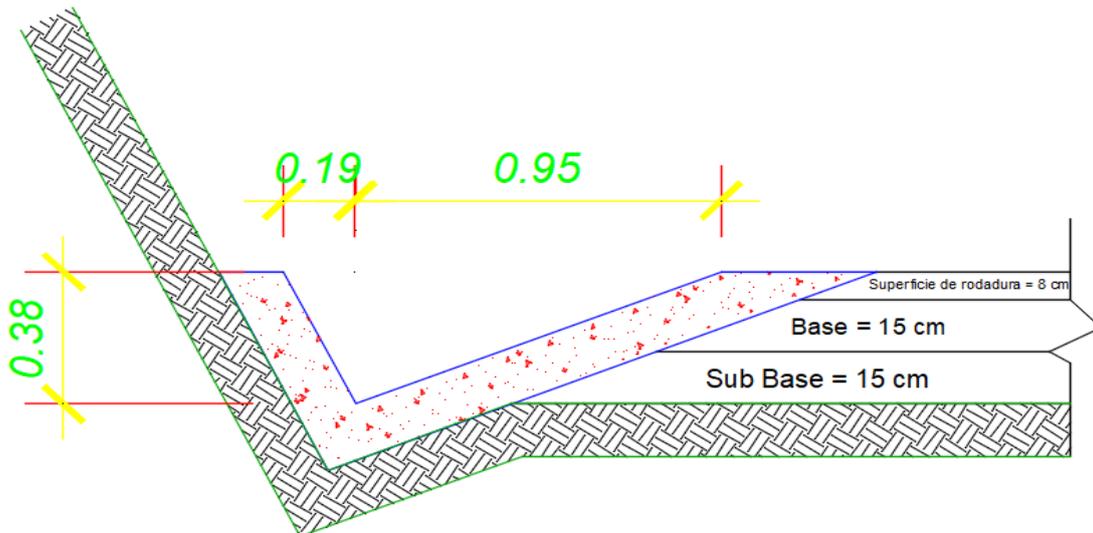
$$V \times A = 0.278 \text{ CIA}$$

$$(5.00 \text{ m/s}) \times A = 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A \text{ cuneta} = 0.11 \text{ m}^2$$

Figura 22

Diseño de cuneta



Nota. Esta imagen muestra el diseño de cuneta con sus especificaciones, por Chomba, 2024.

4.5. Presupuesto de pavimento

4.5.1. Presupuesto de pavimento flexible

Para realizar el presupuesto del pavimento flexible, se realizó el siguiente metrado, usando el programa S10 Costos y Presupuestos:

| DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | |
|------------------------------|---|-----|----------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | Und | Total |
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANÍA | glb | 1.00 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIÉNICO PROVISIONAL | glb | 1.00 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1.00 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN | glb | 1.00 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | glb | 1.00 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL | glb | 1.00 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 |
| 01.02.01.03 | CAPTACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 |
| 01.02.02 | RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | |
| 01.02.02.01 | RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1.00 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | |
| 02.01.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 476.95 |
| 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 476.95 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 02.01.02.01 | EXCAVACIÓN MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 262.32 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 327.90 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KG/CM ² | m3 | 83.47 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 596.19 |
| 02.02 | PAVIMENTACIÓN | | |
| 02.02.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DE TERRENO | m2 | 30000.00 |
| 02.02.01.02 | TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 30000.00 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TEIRRAS | | |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 7800.00 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE | m2 | 30000.00 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 9750.00 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=20CM | m3 | 6000.00 |
| 02.02.03.02 | BARRIDO Y LIMPIEZA PARA IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 30000.00 |
| 02.02.03.03 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 30000.00 |
| 02.02.03.04 | CARPETA ASFÁLTICA E=6CM | m2 | 30000.00 |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1.00 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACIÓN DE VÍAS | glb | 1.00 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA | m2 | 30000.00 |

Obteniendo el siguiente presupuesto, valorizado en S/. 9,575,702.28 para pavimento de tipo flexible para la carretera Cajamarca – Otuzco.

S10

Página 1

Presupuesto

| | | | | | |
|----------------|--|---|----------------|-------------------|--------------------|
| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | |
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | |
| Ciente | | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | Costo al | 20/08/2024 | |
| Lugar | | CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA | | | |
| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | | | 28441.85 |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 22422.85 |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | | | 7922.85 |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | alb | 1 | 4500 | 4500 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIENICO PROVISIONAL | alb | 1 | 1850 | 1850 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1 | 1572.85 | 1572.85 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | | | 4000 |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGIA ELECTRICA PARA LA CONSTRUCCION | alb | 1 | 4000 | 4000 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | 10500 |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | alb | 1 | 10500 | 10500 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | | | 6019 |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | | | 3923.9 |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL | alb | 1 | 445.55 | 445.55 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD | alb | 1 | 978.35 | 978.35 |
| 01.02.01.03 | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | alb | 1 | 2500 | 2500 |
| 01.02.02 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | 2095.1 |
| 01.02.02.01 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMEJERCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | alb | 1 | 2095.1 | 2095.1 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | | | 6409005.1 |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | | | 1197731.4 |
| 02.01.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 1078737.4 |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 476.95 | 2261.12 | 1078441.2 |
| 02.01.01.02 | TRAZO. NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 76.95 | 3.85 | 296.26 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 35625.02 |
| 02.01.02.01 | EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 262.32 | 52.07 | 13659 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 327.9 | 66.99 | 21966.02 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | | | 83368.89 |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS Fc=210 KG/CM2 | m3 | 83.47 | 406.67 | 33944.74 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 596.19 | 82.9 | 49424.15 |
| 02.02 | PAVIMENTACION | | | | 5211273.7 |
| 02.02.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 2102400 |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 30000 | 0.62 | 18600 |
| 02.02.01.02 | TRAZO. NIVELES Y REPLANTEO | m2 | 30000 | 69.46 | 2083800 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 898348.5 |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 7800 | 6.82 | 53196 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACION DE SUBRASANTE | m2 | 30000 | 6.4 | 192000 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 9750 | 66.99 | 653152.5 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | 2175960 |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR e=0.20 m | m3 | 6000 | 76.21 | 457260 |
| 02.02.03.02 | BARRIDO Y LIMPIEZA PARA IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 30000 | 0.6 | 18000 |
| 02.02.03.03 | IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 30000 | 5.42 | 162600 |
| 02.02.03.04 | CARPETA ASFALTICA E=6CM | m2 | 30000 | 51.27 | 1538100 |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | 34565.21 |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1 | 2150 | 2150 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACION DE VÍAS | glb | 1 | 15.21 | 15.21 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | glb | 30000 | 1.08 | 32400 |
| | COSTO DIRECTO | | | | 6437446.91 |
| | GASTOS GENERALES (15%) | | | | 965617.04 |
| | UTILIDAD (10%) | | | | 643744.69 |
| | SUB TOTAL | | | | 8046808.64 |
| | IGV (19) | | | | 1528893.64 |
| | TOTAL PRESUPUESTO | | | | 9575702.28 |

SON : NUEVE MILLONES QUINIENTOS SETENTICINCO MIL SETECIENTOS DOS Y 28/100 NUEVOS SOLES

4.5.2. Presupuesto de pavimento rígido

Para realizar el presupuesto del pavimento rígido, se realizó el siguiente metrado:

| DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO | | | |
|----------------------------|---|-----|----------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | Und | Total |
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANÍA | glb | 1.00 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIÉNICO PROVISIONAL | glb | 1.00 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1.00 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN | glb | 1.00 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | glb | 1.00 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL | glb | 1.00 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 |
| 01.02.01.03 | CAPTACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 |
| 01.02.02 | RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | |
| 01.02.02.01 | RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1.00 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | |
| 02.01.01 | TRABAJO PRELIMINARES | | |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 476.95 |
| 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 476.95 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 02.01.02.01 | EXCAVACIÓN MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 262.32 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 327.90 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KG/CM ² | m3 | 83.47 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 596.19 |
| 02.02 | PAVIMENTACIÓN | | |
| 02.02.01 | TRABAJO PRELIMINARES | | |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DE TERRENO | m2 | 30000.00 |
| 02.02.01.02 | TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 30000.00 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 10500.00 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE | m2 | 30000.00 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 13125.00 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO RÍGIDO | | |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=15CM | m3 | 4500.00 |
| 02.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 1550.00 |
| 02.02.03.03 | CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO F'c=280 KG/CM ² E = 15.50 CM | m3 | 4650.00 |
| 02.02.03.04 | CURADO DE LOSAS DE CONCRETO CON AGUA | m2 | 30000.00 |
| 02.02.03.05 | JUNTAS DE DILATACIÓN E=1" | m | 13106.00 |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1.00 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACIÓN DE VÍAS | glb | 1.00 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA | m2 | 30000.00 |

Obteniendo el siguiente presupuesto, valorizado en S/. 10,808,507.07

para pavimento de tipo rígido para la carretera Cajamarca – Otuzco.

S10

Página 1

Presupuesto

Presupuesto 0201011 Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad
 Subpresupuesto 002 PAVIMENTO RIGIDO
 Cliente UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO Costo al 20/08/2024
 Lugar CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

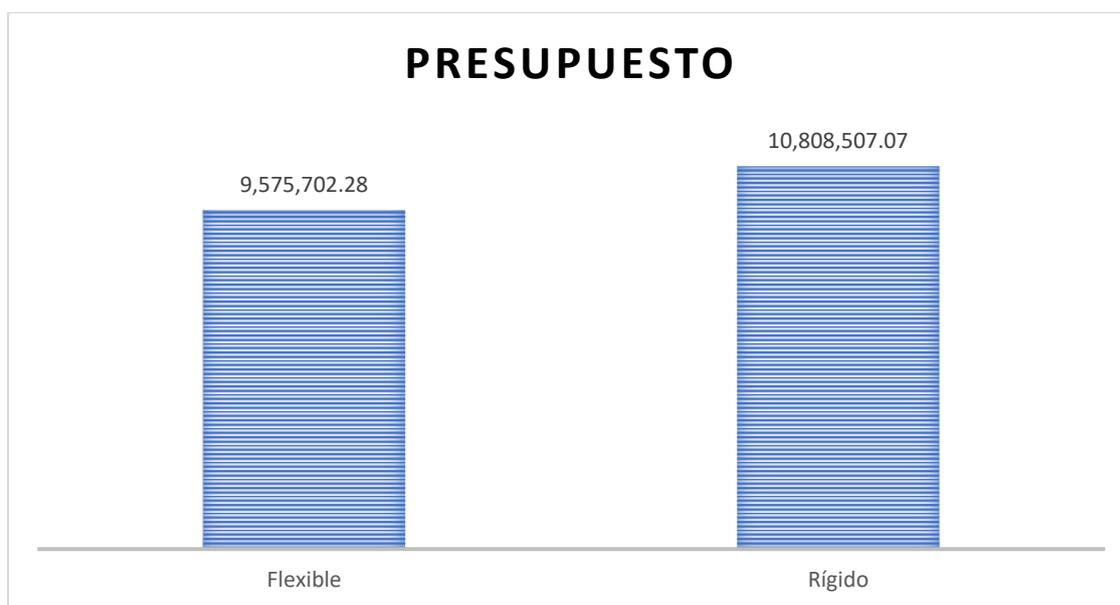
| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------|--|------|---------|------------|-------------|
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | | | 28441.85 |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 22422.85 |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | | | 7922.85 |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | glb | 1 | 4500 | 4500 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIENICO PROVISIONAL | alb | 1 | 1850 | 1850 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1 | 1572.85 | 1572.85 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | | | 4000 |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGIA ELECTRICA PARA LA CONSTRUCCION | alb | 1 | 4000 | 4000 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | 10500 |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | alb | 1 | 10500 | 10500 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | | | 6019 |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | | | 3923.9 |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL | glb | 1 | 445.55 | 445.55 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD | alb | 1 | 978.35 | 978.35 |
| 01.02.01.03 | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | alb | 1 | 2500 | 2500 |
| 01.02.02 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | 2095.1 |
| 01.02.02.01 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMEJERCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1 | 2095.1 | 2095.1 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | | | 7237781.4 |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | | | 1199271.4 |
| 02.01.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 1080277.4 |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 476.95 | 2261.12 | 1078441.2 |
| 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 476.95 | 3.85 | 1836.26 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 35625.02 |
| 02.01.02.01 | EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 262.32 | 52.07 | 13659 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 327.9 | 66.99 | 21966.02 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | | | 83368.89 |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F _c =210 KG/CM2 | m3 | 83.47 | 406.67 | 33944.74 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 596.19 | 82.9 | 49424.15 |
| 02.02 | PAVIMENTACION | | | | 6038510 |
| 02.02.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 2102400 |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 30000 | 0.62 | 18600 |
| 02.02.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO | m2 | 30000 | 69.46 | 2083800 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 1142853.8 |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 10500 | 6.82 | 71610 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACION DE SUBRASANTE | m2 | 30000 | 6.4 | 192000 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 13125 | 66.99 | 879243.75 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO RÍGIDO | | | | 2657291.1 |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=0.15M | m3 | 4500 | 75.85 | 341325 |
| 02.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 1550 | 56.47 | 87528.5 |
| 02.02.03.03 | CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO F _c =280 KG/CM2 E=15.50CM | m3 | 4650 | 452.5 | 2104125 |
| 02.02.03.04 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO CON AGUA | m2 | 30000 | 1.99 | 59700 |
| 02.02.03.05 | JUNTAS DE DILATACION E=1" | m | 13106 | 4.93 | 64612.58 |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | 135965.21 |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1 | 2150 | 2150 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACION DE VÍAS | glb | 1 | 15.21 | 15.21 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | m2 | 30000 | 4.46 | 133800 |
| | COSTO DIRECTO | | | | 7266223.24 |
| | GASTOS GENERALES (15%) | | | | 1089933.49 |
| | UTILIDAD (10%) | | | | 726622.32 |
| | SUB TOTAL | | | | 9082779.05 |
| | IGV (19%) | | | | 1725728.02 |
| | TOTAL PRESUPUESTO | | | | 10808507.07 |

SON : DIEZ MILLONES OCHOCIENTOS OCHO MIL QUINIENTOS SIETE Y 07/100 NUEVOS SOLES

El presupuesto de construcción para el diseño de pavimento flexible es de S/. 9,575,702.28, mientras que el presupuesto de construcción para el diseño de pavimento rígido es de S/. 10,808,507.07, siendo el presupuesto de pavimento flexible menor en un 11.41% en comparación al pavimento rígido, por lo cual, el diseño de pavimento flexible es la mejor opción para la carretera Cajamarca – Otuzco.

Figura 23

Cuadro Comparativo de presupuesto



Nota. Esta figura muestra la comparación de los presupuestos para la construcción de los diseños de pavimento flexible y rígido, elaborado por Chomba, 2024.

Según la figura anterior, resalta un ahorro de un 11.41%, teniendo en cuenta que la carretera Cajamarca – Otuzco es una carretera no muy concurrida, teniendo en cuenta el tráfico vehicular y factores de diseño el pavimento más adecuado es el pavimento flexible.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El estudio de mecánica de suelos se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en el MTC, el cual, debido al IMD obtenido y la longitud de 5km, se procedió a realizar 4 calicatas para el muestreo de las propiedades y características del suelo del área de estudio. De estas muestras se obtuvo que el suelo está compuesto principalmente de aproximadamente 8.48% de gravas, 60.06% de arena y 31.46% de finos, por lo cual se clasificó como un suelo A-2-6 mediante la metodología AASHTO y tipo SC mediante la metodología SUCS, siendo un suelo arena arcillosa. El CBR promedio de las muestras obtenido es de 12.08% al 95%.

El IMD obtenido fue de 210 veh/día, el cual cambió a 188 veh/día, una vez aplicado el factor de corrección estacional, obteniendo como resultado un ESAL de diseño para pavimento flexible de 396,106EE y un ESAL de diseño para pavimento rígido de 447,075 EE, reflejando que el ESAL del pavimento rígido es mayor al obtenido en el pavimento flexible.

Se realizó el diseño de pavimento flexible obteniendo los espesores de 8 cm para la capa asfáltica de rodadura, 15 cm para la capa base y 15 cm para la capa sub-base, siendo un total de 38 cm, mientras que en el diseño de pavimento rígido se obtuvo un espesor de 15.5 cm para la losa de concreto y 15 cm para la capa base siendo un total de 30.5 cm, reflejando que el pavimento rígido tiene un espesor total menor en 7.5 cm al espesor total del pavimento flexible.

En el diseño de obras de arte y drenaje, se obtuvo un caudal de diseño de 0.176 m³/s, según los registros establecidos por la estación Augusto Weberbauer, teniendo un diseño de cuneta con un tirante de 37.50 cm, con un borde libre 12.50 cm y con un ancho 30.00 cm.

El presupuesto obtenido para el diseño de pavimento flexible es de S/. 9,575,702.28 mientras que el presupuesto obtenido para el diseño de pavimento rígido es de S/. 10,808,507.07, reflejando que el pavimento rígido tiene un presupuesto mayor, por lo cual el diseño más viable por el factor económico es el diseño de pavimento flexible.

CONCLUSIONES

Se analizó el suelo que compone la carretera Cajamarca – Otuzco, se compone principalmente por material de arena y arcilla, siendo un material arena arcillosa tipo A-2-6 y SC, teniendo un CBR de 12.08% al 95%, lo cual refleja que tiene presencia de humedad al 7.84%

Se determinó que la carretera de estudio pertenece a un tipo de carretera de bajo volumen de tránsito, debido a que el IMDa corregido es de 188 veh/día, menor a los 200 veh/día de la clasificación por tipo de carretera. Obteniendo como resultado un ESAL de diseño para pavimento flexible de 396,106 EE y un ESAL de diseño para pavimento rígido de 447,075 EE.

El diseño de pavimento flexible es 24.59% mayor al espesor del diseño de pavimento rígido, debido a que el pavimento flexible tiene un espesor total de 38 cm (8 cm capa de rodadura, 15 cm capa base y 15 cm sub base), mientras que el pavimento rígido tiene un espesor total de 30.50 cm (15.50 cm losa de concreto y 15 cm capa base).

Se elaboró el diseño de cuneta se ve influenciado por el caudal de diseño el cual, al tener un caudal $Q = 0.176 \text{ m}^3/\text{s}$, brinda un diseño de cuneta de con un tirante de 37.50 cm, con un borde libre 12.50 cm y con un ancho 30.00 cm. Se obtiene un área de cuneta de 0.11 m². La cual será de sección triangular que según el talud obtenido (1V:02H) y parámetros asumidos, se determina las dimensiones siguientes: altura de 0.15 m con espejo de agua de 0.38 m, las dimensiones mínimas son de 0.38m de profundidad y 0.95m de ancho.

El diseño de pavimento flexible tiende a ser la opción más eficiente en comparación al pavimento rígido debido a que el IMDa es promedio bajo, y también el pavimento flexible presenta un presupuesto de construcción de S/. 9,575,702.28, siendo 11.41% menor al presupuesto del pavimento rígido que es de S/. 10,808,507.07.

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener otras variables de comparación, como el costo de mantenimiento, tiempo de ejecución, con la finalidad tener más factores que permitan seleccionar el pavimento más eficiente según las necesidades y zona de estudio.

Se recomienda utilizar otros tipos de metodologías de diseño de pavimento, como el método español MOPU, método UNAM, método IMT-PAVE, método TCP, que permitan tener un contraste distinto de diseño y evaluar la eficiencia de cada uno.

Se recomienda evaluar otros tipos de pavimento, como pavimentos con geomallas, pavimentos permeables, o pavimentos diseñados con fibras que permitan tener un pavimento que se adapte mejor a las condiciones climáticas del terreno y que genere un pavimento que pueda ser menos costoso en comparación a los diseños tradicionales.

Se recomienda utilizar otros tipos de materiales en el diseño de pavimentos, como material reciclable orgánico e inorgánico, que permitan tener otro parámetro de diseño de pavimento que influya en el costo o mantenimiento y evaluar su eficiencia en comparación de los pavimentos tradicionales.

REFERENCIAS

- Bonilla, C. y Dubón, C. (2019). Manual de procesos constructivos para pavimentos de baja intensidad de tráfico en El Salvador, utilizando concreto hidráulico simple y emulsiones asfálticas. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio institucional: [/efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2054/1/Manual_de_procesos_constructivos_para_pavimentos_de_baja_intensidad_de_tráfico_en_El_Salvador,_utilizando_concreto_hidráulico_simple_y_emulsiones_asfálticas.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2054/1/Manual_de_procesos_constructivos_para_pavimentos_de_baja_intensidad_de_tráfico_en_El_Salvador,_utilizando_concreto_hidráulico_simple_y_emulsiones_asfálticas.pdf).
- Brandao, M. (2021). Estudio de la variabilidad de los parámetros de diseño y sus efectos en el desempeño de los pavimentos urbanos. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio institucional: <https://repositorio.uc.cl/xmlui/handle/11534/63035>.
- Canahuir, R. R. (2021). Análisis comparativo técnico – económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO93, en Jr Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca, provincia San Román – Puno. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4771>.
- Chalco, Y. N. (2022). Análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triax tx130s, carretera Panamericana Norte, tramo: km 499+ 000 al 503 + 000, distrito Chao, Trujillo, departamento La Libertad 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32384>.
- Franco, J. L. y Vargas, M. W. (2021). Análisis comparativo entre el diseño estructural del pavimento flexible, rígido y articulado en el sector Villa Judicial – distrito de Huanchaco – Trujillo – La Libertad. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/8527>.
- García, A. y Jara, M. (2024). Análisis y diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en el tramo de la carretera La Coipa – Tamborapa, del departamento de Cajamarca. [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional:
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/670>
- Huaylla, J. C. (2022). Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en el anillo de desvío circunvalación Espinar-Cuzco. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional:
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/c62f426b-5f59-470c-ae55-36ed781f9c01>.
- Ipanaqué, J. (2023). Diseño del pavimento de la carretera Chilete – San Pablo – Empalme ruta 3N del Km 53+780 al Km 54+780. [Tesis de pregrado, Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional:
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/24735>
- Mendez, E. (2019). Evaluación de la condición superficial de pavimentos por medio de Trimble Trident. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio institucional:
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10982/evaluacion_condicion_superficial_pavimentos_trimble_trident.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- Orellana, C. O. (2018). Evaluación técnica-económica del uso de losas de hormigón con geometría optimizada en la rehabilitación de pavimentos asfálticos. [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. Repositorio institucional: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/24915>.
- Paredes, F. y Delgado, J. J. (2019). Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín – Poroto]. Repositorio institucional:
<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3351>.
- Paredes, L. J. y Ramos, I. G. (2022). Comparación estructural entre el diseño del pavimento rígido y flexible, para el AA.HH. Las Palmeras - Trujillo-2022. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99235>.

- Rico, A. y Del Castillo, H. (1977). La ingeniería de los suelos en las vías terrestres. Segundo volumen. México D.F, México: Limusa.
- Valle Rodas, R. (1964). Carreteras, calles y autopistas: principios generales de la mecánica de suelos aplicados a la pavimentación y métodos para el cálculo de pavimentos flexibles. Cuarta edición. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo
- Vilchez, C. (2020). Análisis comparativo de costos entre pavimento rígido y flexible de las vías alternas carretera marginal tramo ovalo Rondero - Bajo Portillo, Satipo. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio institucional: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2150>
- Yagual, C. y Limón, J. (2021). Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional con pavimento rígido adicionando fibra de aluminio para mejorar sus resistencias. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio institucional: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5963>

ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 24

Operacionalización de variables

| Variable | Definición | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores |
|---|---|---|---|---|
| Diseño estructural del pavimento flexible y rígido | Es el diseño de la carretera que va a soportar la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño (López, 2019). | El estudio se realizará en la carretera del centro poblado de Conache, Laredo, La Libertad. Las variables se medirán según la evaluación del cálculo ESAL para el diseño de los pavimentos mediante la metodología AASHTO 93. | Características físicas y mecánicas del suelo | Granulometría Clasificación SUCS y AASHTO Límites de consistencia Ensayo de Proctor modificado y CBR Contenido de humedad |
| | | | Tráfico vehicular | IMDA Tipo de vehículos Carga vehicular |
| | | | Diseño del pavimento | Espesores de capas del pavimento – AASHTO |
| | | | Diseño obra de drenaje pluvial | Dimensiones de la cuneta |
| | | | Evaluación del presupuesto | Costo, operación y mantenimiento |

Nota. Se detalla las dimensiones e indicadores de la variable de estudio, por Chomba, 2024.

ANEXO 2. ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA CAJAMARCA – OTUZCO

| | |
|---|--|
|  | <p style="text-align: center;">Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca</p> |
| | <p style="text-align: center;">BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA</p> |
| | <p style="text-align: center;">PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL</p> |
|  | |
| <p><i>Nota.</i> Se observa el estado actual de la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.</p> | |
| <p>Figura 24. Tramo 01 de la carretera Cajamarca - Otuzco</p> | |



**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito
Los Baños del Inca, Cajamarca**

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se observa el estado actual de la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.

Figura 25. Tramo 02 de la carretera Cajamarca - Otuzco



Nota. Se observa el estado actual de la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.

Figura 26. Tramo 03 de la carretera Cajamarca - Otuzco



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se observa el estado actual de la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.

Figura 27. Tramo 04 de la carretera Cajamarca - Otuzco



Nota. Se evidencia la medición con odómetro el ancho de la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.

Figura 28. Medición ancha de carretera Cajamarca - Otuzco

ANEXO 3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 3.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO CALICATAS

| | |
|--|---|
|  | <i>Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca</i> |
| | BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA |
| | PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL |
|  | |
| <p><i>Nota.</i> Se evidencia la realización de las calicatas para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.</p> | |
| <p>Figura 29. <i>Realización de calicatas para la muestra de estudio</i></p> | |
|  | |
| <p><i>Nota.</i> Se evidencia la realización de las calicatas para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.</p> | |
| <p>Figura 30. <i>Realización de calicatas para la muestra de estudio</i></p> | |

ANEXO 3.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LABORATORIO

| | |
|--|--|
|  | <p>Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca</p> |
| | <p>BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA</p> |
| | <p>PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL</p> |
| <div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Nota.</i> Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024</p> | |
| <p style="text-align: center;">Figura 31. <i>Realización de ensayos en laboratorio</i></p> | |
| <div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Nota.</i> Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024.</p> | |
| <p style="text-align: center;">Figura 32. <i>Realización de ensayos en laboratorio</i></p> | |



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 33. Realización de ensayos en laboratorio



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 34. Realización de ensayos en laboratorio



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 35. *Realización de ensayos en laboratorio*



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 36. *Realización de ensayos en laboratorio*



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 37. *Realización de ensayos en laboratorio*



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 38. *Realización de ensayos en laboratorio*



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 39. Realización de ensayos en laboratorio



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 40. Realización de ensayos en laboratorio



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 41. *Realización de ensayos en laboratorio*



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 42. *Realización de ensayos en laboratorio*



**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito
Los Baños del Inca, Cajamarca**

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia la ejecución de los ensayos con la muestra de las calicatas en laboratorio para la carretera Cajamarca - Otuzco, por Chomba, 2024

Figura 43. *Realización de ensayos en laboratorio*

ANEXO 3.3. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

| | | | |
|-------------|---------|------------|------------------------------|
| CALICATA | C - 1 | UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | | Cajamarca |
| MUESTRA | M1 | | Cajamarca |

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

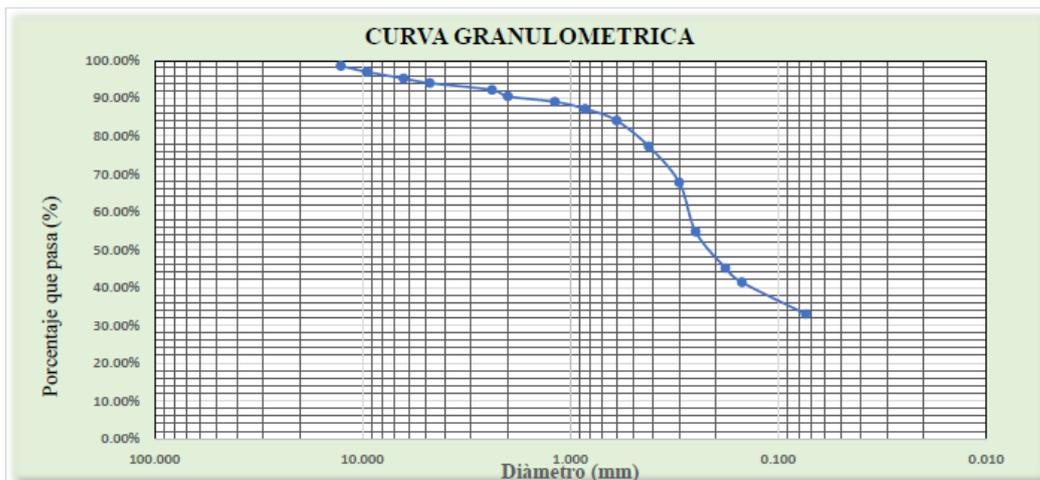
| Peso de la Muestra Seca: | | 1500 | | Limites de Consistencia: | |
|---|--------|---------------|------------|---------------------------------|--------|
| Peso de Muestra Seca después de lavado: | | 1006.30 | | Limite Líquido: | 27.00% |
| Peso de perdida por lavado | | 493.70 | | Limite Plástico: | 16.50% |
| | | | | Índice de Plasticidad | 10.50% |
| ABERT. MALLA | | Peso Retenido | % Retenido | % Ret Acumulado | % Pasa |
| Pulg/malla | mm | | | | |
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1/2" | 12.700 | 21.48 | 1.43% | 1.43% | 98.57% |
| 3/8" | 9.525 | 23.96 | 1.60% | 3.03% | 96.97% |
| 1/4" | 6.350 | 25.64 | 1.71% | 4.74% | 95.26% |
| No 4 | 4.750 | 18.75 | 1.25% | 5.99% | 94.01% |
| No 8 | 2.381 | 27.41 | 1.83% | 7.82% | 92.18% |
| No 10 | 2.000 | 25.19 | 1.68% | 9.50% | 90.50% |
| No 16 | 1.191 | 21.32 | 1.42% | 10.92% | 89.08% |
| No 20 | 0.850 | 27.96 | 1.86% | 12.78% | 87.22% |
| No 30 | 0.600 | 47.34 | 3.16% | 15.94% | 84.06% |
| No 40 | 0.420 | 101.88 | 6.79% | 22.73% | 77.27% |
| No 50 | 0.300 | 143.21 | 9.55% | 32.28% | 67.72% |
| No 60 | 0.250 | 194.72 | 12.98% | 45.26% | 54.74% |
| No 80 | 0.180 | 144.86 | 9.66% | 54.91% | 45.09% |
| No 100 | 0.150 | 55.76 | 3.72% | 58.63% | 41.37% |
| No 200 | 0.074 | 126.82 | 8.45% | 67.09% | 32.91% |
| Plato | | 493.70 | 32.91% | 100.00% | 0.00% |
| Sumatoria | | 1500.00 | 100.00% | | |

Porcentaje en muestra:
 % Grava (3" a #4): 5.99%
 % Arena (#4 a #200): 61.10%
 % Finos (Menor a #200): 32.91%

Contenido de humedad:
 12.00%

Clasificación de muestra:
 SUCS: SC
 AASHTO: A-2-6

Descripción
 SUCS: Arena arcillosa
 AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa
 Excelente a buena
 Con un 32.91 % de finos



| | | | |
|-------------|---------|------------|------------------------------|
| CALICATA | C - 2 | UBICACION: | Carretera Cajamarca - Otuzco |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | | Cajamarca |
| MUESTRA | M2 | | Cajamarca |

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

| Peso de la Muestra Seca: | | 1500 | | Límites de Consistencia: | |
|---|--------|---------------|------------|---------------------------------|---------|
| Peso de Muestra Seca después de lavado: | | 1014.52 | | Limite Líquido: | 29.50% |
| Peso de pérdida por lavado: | | 485.48 | | Limite Plástico: | 17.00% |
| | | | | Índice de Plasticidad | 12.50% |
| ABERT. MALLA | | Peso Retenido | % Retenido | % Ret Acumulado | % Pasa |
| Pulg/malla | mm | | | | |
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19.050 | 15.85 | 1.06% | 1.06% | 98.94% |
| 1/2" | 12.700 | 22.74 | 1.52% | 2.57% | 97.43% |
| 3/8" | 9.525 | 46.05 | 3.07% | 5.64% | 94.36% |
| 1/4" | 6.350 | 37.10 | 2.47% | 8.12% | 91.88% |
| No 4 | 4.750 | 28.87 | 1.92% | 10.04% | 89.96% |
| No 8 | 2.381 | 35.95 | 2.40% | 12.44% | 87.56% |
| No 10 | 2.000 | 34.84 | 2.32% | 14.76% | 85.24% |
| No 16 | 1.191 | 43.76 | 2.92% | 17.68% | 82.32% |
| No 20 | 0.850 | 76.21 | 5.08% | 22.76% | 77.24% |
| No 30 | 0.600 | 55.81 | 3.72% | 26.48% | 73.52% |
| No 40 | 0.420 | 67.50 | 4.50% | 30.98% | 69.02% |
| No 50 | 0.300 | 116.27 | 7.75% | 38.73% | 61.27% |
| No 60 | 0.250 | 201.43 | 13.43% | 52.16% | 47.84% |
| No 80 | 0.180 | 123.70 | 8.25% | 60.41% | 39.59% |
| No 100 | 0.150 | 42.11 | 2.81% | 63.21% | 36.79% |
| No 200 | 0.074 | 66.33 | 4.42% | 67.63% | 32.37% |
| Plato | | 485.48 | 32.37% | 100.00% | 0.00% |
| Sumatoria | | 1500.00 | 100.00% | | |

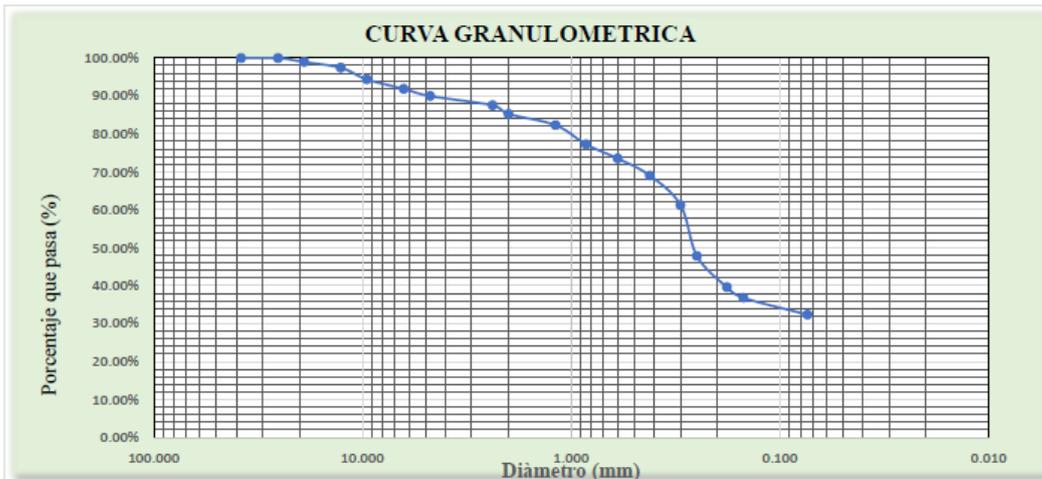
Límites de Consistencia:
 Limite Líquido: 29.50%
 Limite Plástico: 17.00%
 Índice de Plasticidad 12.50%

Porcentaje en muestra:
 % Grava (3" a #4): 10.04%
 % Arena (#4 a #200): 57.59%
 % Finos (Menor a #200): 32.37%

Contenido de humedad:
 9.60%

Clasificación de muestra:
 SUCS : SC
 AASHTO : A-2-6

Descripción
 SUCS: Arena Arcillosa
 AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa
 Excelente a buena
 Con un 32.37 % de finos



| | | | |
|-------------|---------|------------|------------------------------|
| CALICATA | C - 3 | UBICACION: | Carretera Cajamarca - Otuzco |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | | Cajamarca |
| MUESTRA | M3 | | Cajamarca |

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

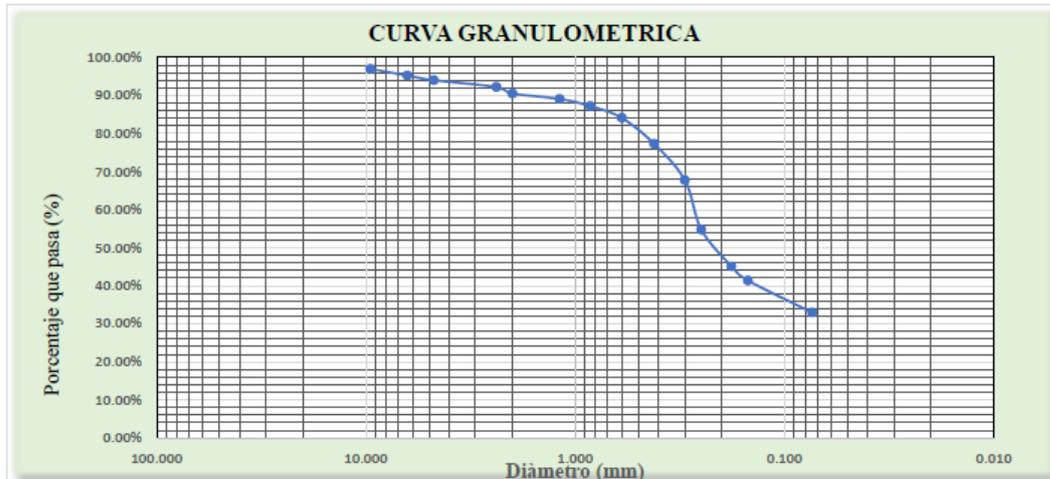
| Peso de la Muestra Seca: | | 1500 | | Límites de Consistencia: | |
|---|--------|---------------|------------|---------------------------------|---------|
| Peso de Muestra Seca después de lavado: | | 1047.49 | | Límite Líquido: | 25.00% |
| Peso de perdida por lavado | | 452.51 | | Límite Plástico: | 14.00% |
| | | | | Índice de Plasticidad | 11.00% |
| ABERT. MALLA | | Peso Retenido | % Retenido | % Ret Acumulado | % Pasa |
| Pulg/malla | mm | | | | |
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19.050 | 4.84 | 0.32% | 0.32% | 99.68% |
| 1/2" | 12.700 | 12.84 | 0.86% | 1.18% | 98.82% |
| 3/8" | 9.525 | 29.32 | 1.95% | 3.13% | 96.87% |
| 1/4" | 6.350 | 35.31 | 2.35% | 5.49% | 94.51% |
| No 4 | 4.750 | 53.17 | 3.54% | 9.03% | 90.97% |
| No 8 | 2.381 | 34.28 | 2.29% | 11.32% | 88.68% |
| No 10 | 2.000 | 33.19 | 2.21% | 13.53% | 86.47% |
| No 16 | 1.191 | 59.10 | 3.94% | 17.47% | 82.53% |
| No 20 | 0.850 | 27.90 | 1.86% | 19.33% | 80.67% |
| No 30 | 0.600 | 42.31 | 2.82% | 22.15% | 77.85% |
| No 40 | 0.420 | 60.70 | 4.05% | 26.20% | 73.80% |
| No 50 | 0.300 | 77.82 | 5.19% | 31.39% | 68.61% |
| No 60 | 0.250 | 192.30 | 12.82% | 44.21% | 55.79% |
| No 80 | 0.180 | 142.40 | 9.49% | 53.70% | 46.30% |
| No 100 | 0.150 | 163.71 | 10.91% | 64.61% | 35.39% |
| No 200 | 0.074 | 78.30 | 5.22% | 69.83% | 30.17% |
| Plato | | 452.51 | 30.17% | 100.00% | 0.00% |
| Sumatoria | | 1500.00 | 100.00% | | |

Porcentaje en muestra:
 % Grava (3" a #4): 9.03%
 % Arena (#4 a #200): 60.80%
 % Finos (Menor a #200): 30.17%

Contenido de humedad:
 10.40%

Clasificación de muestra:
 SUCS: SC
 AASHTO: A-2-6

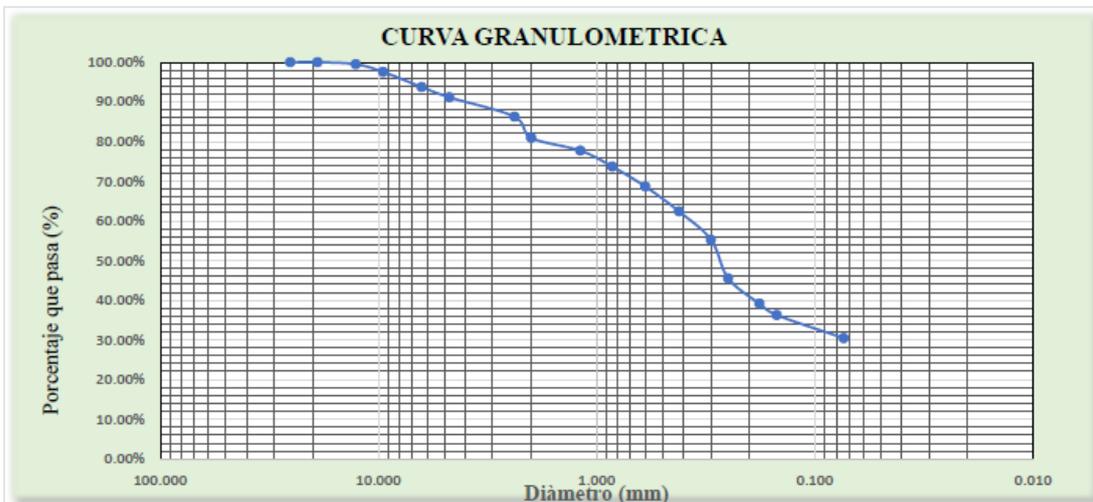
Descripción
 SUCS: Arena Arcillosa con grava
 AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa
 Excelente a buena
 Con un 30.17% de finos



| | | | |
|-------------|---------|------------|------------------------------|
| CALICATA | C - 4 | UBICACION: | Carretera Cajamarca - Otuzco |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | | Cajamarca |
| MUESTRA | M4 | | Cajamarca |

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

| Peso de la Muestra Seca: | | 1500 | | | | Limites de Consistencia: | |
|---|--------|---------------|------------|-----------------|---------|--|--|
| Peso de Muestra Seca después de lavado: | | 1043.99 | | | | Límite Líquido: 29.00% | |
| Peso de perdida por lavado: | | 456.01 | | | | Límite Plástico: 17.00% | |
| Indice de Plasticidad | | | | | | 12.00% | |
| ABERT. MALLA | | Peso Retenido | % Retenido | % Ret Acumulado | % Pasa | Porcentaje en muestra: | |
| Pulg/malla | mm | | | | | % Grava (3" a #4): 8.84% | |
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | % Arena (#4 a #200): 60.76% | |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | % Finos (Menor a #200): 30.40% | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Contenido de humedad: | |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 10.70% | |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | Clasificación de muestra: | |
| 1/2" | 12.700 | 7.84 | 0.52% | 0.52% | 99.48% | SUCS: SC | |
| 3/8" | 9.525 | 28.90 | 1.93% | 2.45% | 97.55% | AASHTO: A-2-6 | |
| 1/4" | 6.350 | 57.20 | 3.81% | 6.26% | 93.74% | Descripción | |
| No 4 | 4.750 | 38.72 | 2.58% | 8.84% | 91.16% | SUCS: Arena arcillosa con grava | |
| No 8 | 2.381 | 73.25 | 4.88% | 13.73% | 86.27% | AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa | |
| No 10 | 2.000 | 80.54 | 5.37% | 19.10% | 80.90% | Excelente a buena | |
| No 16 | 1.191 | 48.36 | 3.22% | 22.32% | 77.68% | Con un 30.40% de finos | |
| No 20 | 0.850 | 60.40 | 4.03% | 26.35% | 73.65% | | |
| No 30 | 0.600 | 75.00 | 5.00% | 31.35% | 68.65% | | |
| No 40 | 0.420 | 94.35 | 6.29% | 37.64% | 62.36% | | |
| No 50 | 0.300 | 106.74 | 7.12% | 44.75% | 55.25% | | |
| No 60 | 0.250 | 145.82 | 9.72% | 54.47% | 45.53% | | |
| No 80 | 0.180 | 96.34 | 6.42% | 60.90% | 39.10% | | |
| No 100 | 0.150 | 43.21 | 2.88% | 63.78% | 36.22% | | |
| No 200 | 0.074 | 87.32 | 5.82% | 69.60% | 30.40% | | |
| Plato | | 456.01 | 30.40% | 100.00% | 0.00% | | |
| Sumatoria | | 1500.00 | 100.00% | | | | |

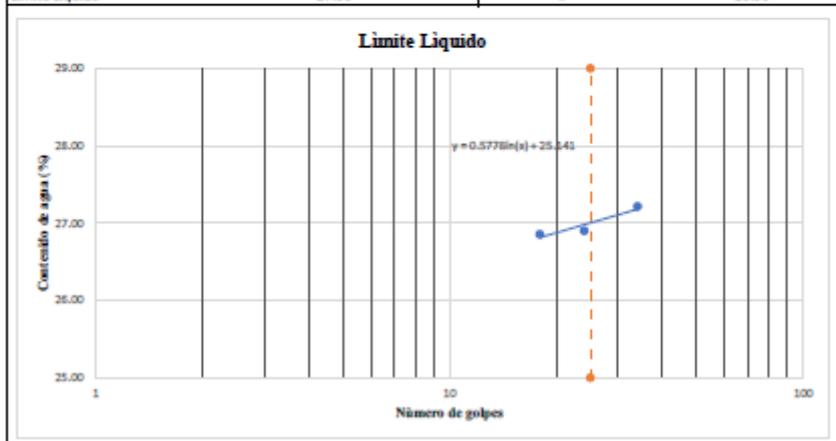


ANEXO 3.4. ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

| | |
|----------------------------------|---|
| C - 1 1.50 m. M1 - M2 - M3 | UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca |
|----------------------------------|---|

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

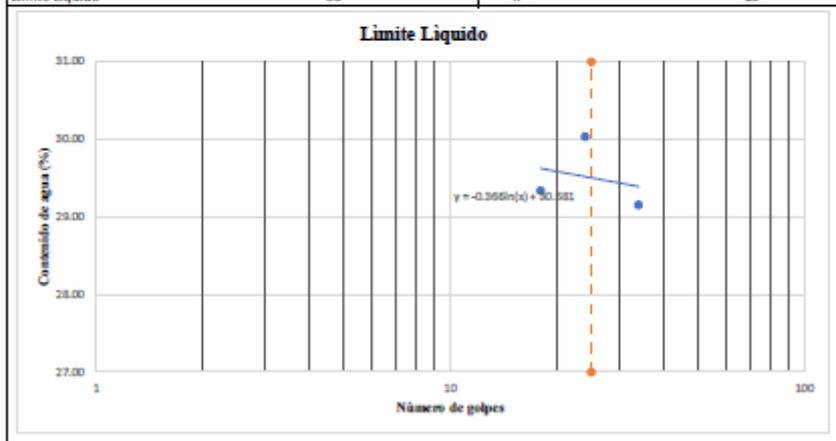
| Limite Líquido | | | | Limite Plástico | | |
|---------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Ensayo N° | 1 | 2 | 3 | Ensayo N° | 1 | 2 |
| Tara + suelo húmedo | 24.20 | 21.65 | 20.10 | Tara + suelo húmedo | 21.42 | 22.37 |
| Tara + suelo seco | 22.86 | 20.27 | 18.84 | Tara + suelo seco | 21.20 | 22.10 |
| Agua | 1.34 | 1.38 | 1.26 | Agua | 0.22 | 0.27 |
| Peso de la tara | 17.87 | 15.14 | 14.21 | Peso de la tara | 19.87 | 20.46 |
| Peso del suelo seco | 4.99 | 5.13 | 4.63 | Peso del suelo seco | 1.33 | 1.64 |
| % humedad | 26.85 | 26.90 | 27.21 | % humedad | 16.54 | 16.46 |
| N° de golpes | 18 | 24 | 34 | Limite Plástico | | 16.50 |
| Limite Líquido | 27.00 | | | IP = | 10.50 | |



| | |
|----------------------------------|---|
| C - 2 1.50 m. M1 - M2 - M3 | UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca |
|----------------------------------|---|

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

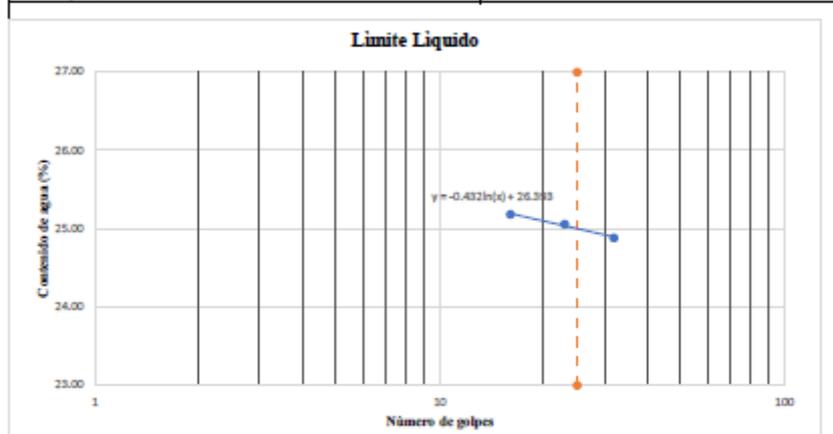
| Limite Líquido | | | | Limite Plástico | | |
|---------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Ensayo N° | 1 | 2 | 3 | Ensayo N° | 1 | 2 |
| Tara + suelo húmedo | 25.10 | 23.14 | 22.85 | Tara + suelo húmedo | 21.73 | 20.28 |
| Tara + suelo seco | 23.46 | 22.29 | 21.85 | Tara + suelo seco | 21.53 | 20.20 |
| Agua | 1.64 | 0.85 | 1.00 | Agua | 0.20 | 0.08 |
| Peso de la tara | 17.87 | 19.46 | 18.42 | Peso de la tara | 20.35 | 19.73 |
| Peso del suelo seco | 5.59 | 2.83 | 3.43 | Peso del suelo seco | 1.18 | 0.47 |
| % humedad | 29.34 | 30.04 | 29.15 | % humedad | 16.95 | 17.02 |
| N° de golpes | 18 | 24 | 34 | Limite Plástico | | 17 |
| Limite Líquido | 30 | | | IP = | 13 | |



| | |
|----------------------------------|---|
| C - 3 1.50 m. M1 - M2 - M3 | UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca |
|----------------------------------|---|

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

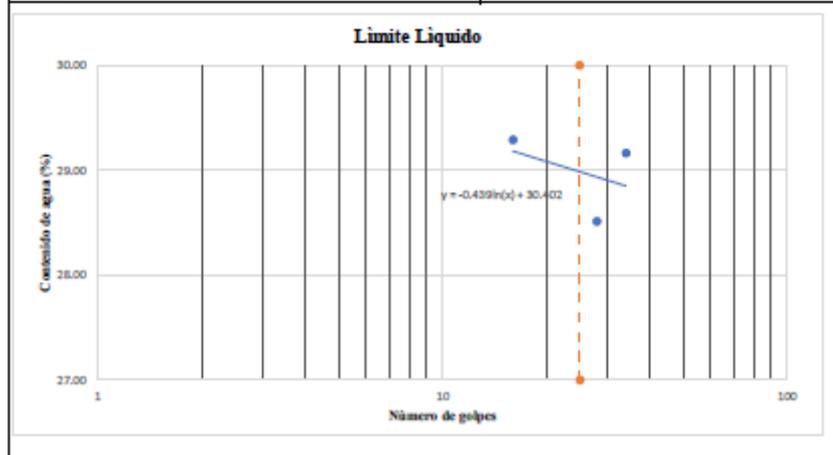
| Ensayo Nº | Limite Líquido | | | Ensayo Nº | Limite Plástico | |
|---------------------|----------------|-------|-------|---------------------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 |
| Tara + suelo húmedo | 23.33 | 26.51 | 24.37 | Tara + suelo húmedo | 21.30 | 22.70 |
| Tara + suelo seco | 22.30 | 25.43 | 23.31 | Tara + suelo seco | 20.94 | 22.23 |
| Agua | 1.03 | 1.08 | 1.06 | Agua | 0.36 | 0.47 |
| Peso de la tara | 18.21 | 21.12 | 19.05 | Peso de la tara | 18.40 | 18.83 |
| Peso del suelo seco | 4.09 | 4.31 | 4.26 | Peso del suelo seco | 2.54 | 3.40 |
| % humedad | 25.18 | 25.06 | 24.88 | % humedad | 14.17 | 13.82 |
| Nº de golpes | 16 | 23 | 32 | Limite Plástico | 14.00 | |
| Limite Líquido | 25 | | | IP = | 11 | |



| | |
|----------------------------------|---|
| C - 4 1.50 m. M1 - M2 - M3 | UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca |
|----------------------------------|---|

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

| Ensayo Nº | Limite Líquido | | | Ensayo Nº | Limite Plástico | |
|---------------------|----------------|-------|-------|---------------------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 |
| Tara + suelo húmedo | 22.36 | 24.24 | 23.67 | Tara + suelo húmedo | 22.41 | 24.18 |
| Tara + suelo seco | 21.78 | 23.51 | 23.11 | Tara + suelo seco | 21.81 | 23.50 |
| Agua | 0.58 | 0.73 | 0.56 | Agua | 0.60 | 0.68 |
| Peso de la tara | 19.80 | 20.95 | 21.19 | Peso de la tara | 18.27 | 19.51 |
| Peso del suelo seco | 1.98 | 2.56 | 1.92 | Peso del suelo seco | 3.54 | 3.99 |
| % humedad | 29.29 | 28.52 | 29.17 | % humedad | 16.95 | 17.04 |
| Nº de golpes | 16 | 28 | 34 | Limite Plástico | 17 | |
| Limite Líquido | 29 | | | IP = | 12 | |



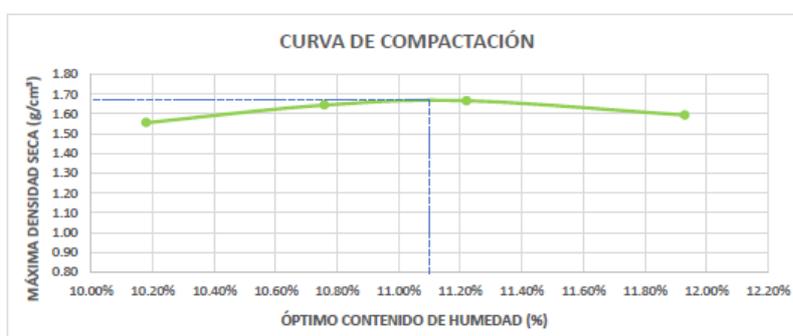
ANEXO 3.5. ENSAYO DE HUMEDAD

| CALICATA | C - 1 | UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco | | |
|------------------------------------|-------------------------------|------------|------------------------------|------------|-------|
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Cajamarca | | | |
| MUESTRA | M1 - M2 - M3 | Cajamarca | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM-D-2216) | | | | | |
| Descripción | | | | | |
| | Unidad | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | |
| 1 | Recipiente | | | | |
| 2 | Peso Suelo Húmedo + Tara | g | 74.81 | 81.3 | 74.11 |
| 3 | Peso Suelo Seco + Tara | g | 67.88 | 73.68 | 67.24 |
| 4 | Peso de Agua (2) - (3) | g | 6.93 | 7.62 | 6.87 |
| 5 | Peso Tara | g | 10.2 | 9.95 | 10.1 |
| 6 | Peso Suelo Seco (3) - (5) | g | 57.68 | 63.73 | 57.14 |
| 7 | Contenido de agua (4)/(6)*100 | % | 12.01 | 11.96 | 12.02 |
| 8 | Contenido de humedad promedio | % | | 12.00 | |
| CALICATA | C - 2 | UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco | | |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Cajamarca | | | |
| MUESTRA | M1 - M2 - M3 | Cajamarca | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM-D-2216) | | | | | |
| Descripción | | | | | |
| | Unidad | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | |
| 1 | Recipiente | | | | |
| 2 | Peso Suelo Húmedo + Tara | g | 95.18 | 83.77 | 96.10 |
| 3 | Peso Suelo Seco + Tara | g | 87.75 | 77.27 | 88.59 |
| 4 | Peso de Agua (2) - (3) | g | 7.43 | 6.50 | 7.51 |
| 5 | Peso Tara | g | 10.10 | 9.95 | 10.05 |
| 6 | Peso Suelo Seco (3) - (5) | g | 77.65 | 67.32 | 78.54 |
| 7 | Contenido de agua (4)/(6)*100 | % | 9.57 | 9.66 | 9.56 |
| 8 | Contenido de humedad promedio | % | | 9.60 | |
| CALICATA | C - 3 | UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco | | |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Cajamarca | | | |
| MUESTRA | M1 - M2 - M3 | Cajamarca | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM-D-2216) | | | | | |
| Descripción | | | | | |
| | Unidad | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | |
| 1 | Recipiente | | | | |
| 2 | Peso Suelo Húmedo + Tara | g | 82.33 | 89.12 | 79.67 |
| 3 | Peso Suelo Seco + Tara | g | 75.58 | 81.6 | 73.12 |
| 4 | Peso de Agua (2) - (3) | g | 6.75 | 7.52 | 6.55 |
| 5 | Peso Tara | g | 10.2 | 9.95 | 10.1 |
| 6 | Peso Suelo Seco (3) - (5) | g | 65.38 | 71.65 | 63.02 |
| 7 | Contenido de agua (4)/(6)*100 | % | 10.32 | 10.50 | 10.39 |
| 8 | Contenido de humedad promedio | % | | 10.40 | |
| CALICATA | C - 4 | UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco | | |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Cajamarca | | | |
| MUESTRA | M1 - M2 - M3 | Cajamarca | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM-D-2216) | | | | | |
| Descripción | | | | | |
| | Unidad | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | |
| 1 | Recipiente | | | | |
| 2 | Peso Suelo Húmedo + Tara | g | 92.1 | 95.42 | 90.7 |
| 3 | Peso Suelo Seco + Tara | g | 84.08 | 87.15 | 83.01 |
| 4 | Peso de Agua (2) - (3) | g | 8.02 | 8.27 | 7.69 |
| 5 | Peso Tara | g | 10.1 | 9.95 | 10.05 |
| 6 | Peso Suelo Seco (3) - (5) | g | 73.98 | 77.2 | 72.96 |
| 7 | Contenido de agua (4)/(6)*100 | % | 10.84 | 10.71 | 10.54 |
| 8 | Contenido de humedad promedio | % | | 10.70 | |

ANEXO 3.6. ENSAYO DE CBR

| | | | |
|---|------------------|--------------------------------------|------|
| CALICATA PROFUNDIDAD | C - 1 1.50 m. | Molde N° | S-3 |
| UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca | | Peso del Molde (g) | 4280 |
| | | Volumen del molde (cm ³) | 933 |
| | | N° de capas | 5 |
| | | N° de golpes por capas | 25 |

| MUESTRA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 5880 | 5980 | 6010 | 5945 |
| Peso del molde | (g) | 4280 | 4280 | 4280 | 4280 |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 1600 | 1700 | 1730 | 1665 |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.71 | 1.82 | 1.85 | 1.78 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + tara | (g) | 97.46 | 109.82 | 95.08 | 123.16 |
| peso del suelo seco + tara | (g) | 89.35 | 100.15 | 86.55 | 111.15 |
| Peso del agua | (g) | 8.11 | 9.67 | 8.53 | 12.01 |
| Peso de la tara | (g) | 9.68 | 10.27 | 10.53 | 10.48 |
| Peso del suelo seco | (g) | 79.67 | 89.88 | 76.02 | 100.67 |
| % de humedad | (%) | 10.18% | 10.76% | 11.22% | 11.93% |
| Densidad del suelo seco | (g/cm ³) | 1.56 | 1.65 | 1.67 | 1.59 |

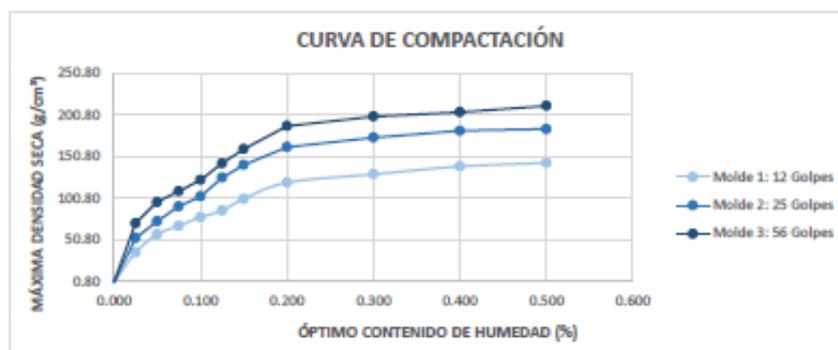


| | | |
|-----------------------------|----------------------|-------|
| Máxima densidad seca | (g/cm ³) | 1.685 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 11.15 |

| ENSAYO DE CBR | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|
| ESTADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| MOLDE | MOLDE 01 | | MOLDE 02 | | MOLDE 03 | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 12 | | 25 | | 56 | |
| SOBRECARGA | 4530 | | 4530 | | 4530 | |
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 10170 | (g) | 10235 | (g) | 10430 |
| Peso del molde | (g) | 7555 | (g) | 7555 | (g) | 7555 |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 2615 | (g) | 2680 | (g) | 2875 |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2119 | (cm ³) | 2119 | (cm ³) | 2119 |
| Volumen del disco espaciador | (cm ³) | 1085 | (cm ³) | 1085 | (cm ³) | 1085 |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.234 | (g/cm ³) | 1.265 | (g/cm ³) | 1.357 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + cápsula | (g) | 78.36 | (g) | 92.4 | (g) | 84.72 |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 71.45 | (g) | 84.75 | (g) | 77.46 |
| Peso del agua | (g) | 6.91 | (g) | 7.65 | (g) | 7.26 |
| Peso de la cápsula | (g) | 10.04 | (g) | 10.30 | (g) | 10.54 |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 61.41 | (g) | 74.45 | (g) | 66.92 |
| % de humedad | (%) | 11.25% | (%) | 10.28% | (%) | 10.85% |
| Densidad de suelo seco | (g/cm ³) | 1.109 | (g/cm ³) | 1.147 | (g/cm ³) | 1.224 |

| ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| TIEMPO | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 0 hrs | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 hrs | 3.264 | 3.264 | 2.532 | 3.572 | 3.572 | 2.817 | 4.051 | 4.051 | 3.113 |
| 48 hrs | 3.516 | 3.516 | 2.758 | 3.871 | 3.871 | 3.075 | 4.267 | 4.267 | 3.341 |
| 72 hrs | 3.782 | 3.782 | 2.869 | 3.935 | 3.935 | 3.220 | 4.412 | 4.412 | 4.352 |
| 96 hrs | 3.782 | 3.782 | 2.869 | 3.935 | 3.935 | 3.220 | 4.412 | 4.412 | 4.352 |

| ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|
| PENETRACIÓN Pulg. | LECTURA DIAL | MOLDE 1 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 2 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 3 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² |
| 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 2 | 106.25 | 35.42 | 3 | 158.70 | 52.90 | 5 | 212.25 | 70.75 |
| 0.050 | 4 | 172.10 | 57.37 | 6 | 218.70 | 72.90 | 9 | 288.10 | 96.03 |
| 0.075 | 6 | 202.30 | 67.43 | 9 | 272.55 | 90.85 | 13 | 327.50 | 109.17 |
| 0.100 | 8 | 233.75 | 77.92 | 12 | 308.55 | 102.85 | 17 | 368.20 | 122.73 |
| 0.125 | 10 | 257.35 | 85.78 | 15 | 376.40 | 125.47 | 20 | 427.80 | 142.60 |
| 0.150 | 12 | 271.50 | 99.85 | 18 | 422.10 | 140.70 | 22 | 479.50 | 159.83 |
| 0.200 | 15 | 358.70 | 119.57 | 21 | 486.80 | 162.27 | 27 | 562.85 | 187.62 |
| 0.300 | 21 | 388.70 | 129.57 | 28 | 521.40 | 173.80 | 33 | 597.20 | 199.07 |
| 0.400 | 25 | 416.75 | 138.92 | 30 | 545.60 | 181.87 | 36 | 612.60 | 204.20 |
| 0.500 | 27 | 429.80 | 143.27 | 32 | 551.65 | 183.88 | 38 | 635.85 | 211.95 |

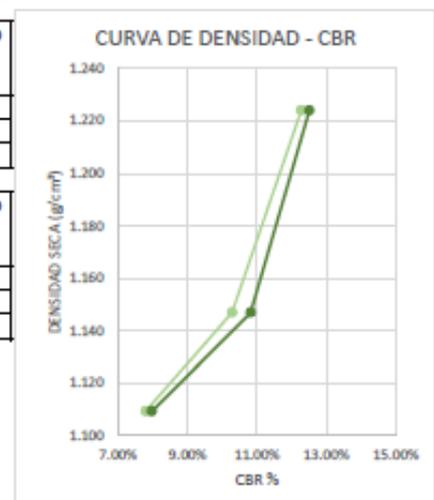


VALORES CORREGIDOS

| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.100 | 77.917 | 1000 | 7.79% | 1.109 |
| 2 | 0.100 | 102.850 | 1000 | 10.29% | 1.147 |
| 3 | 0.100 | 122.733 | 1000 | 12.27% | 1.224 |

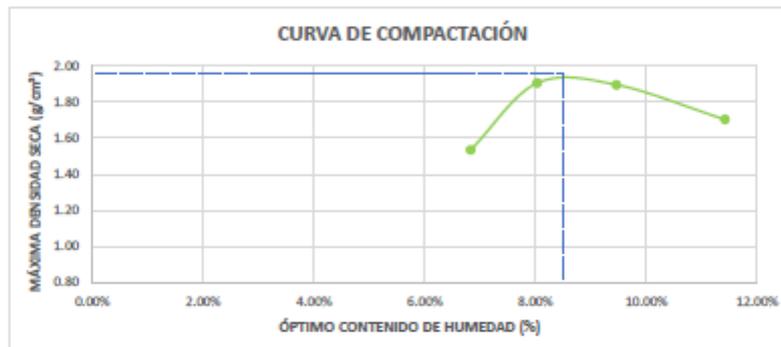
| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.200 | 119.567 | 1500 | 7.97% | 1.109 |
| 2 | 0.200 | 162.267 | 1500 | 10.82% | 1.147 |
| 3 | 0.200 | 187.617 | 1500 | 12.51% | 1.224 |

| RESULTADOS DEL ENSAYO | |
|--|----------------------------|
| Máxima densidad seca al 100% | (g/cm ³) 1.224 |
| Máxima densidad seca al 95% | (g/cm ³) 1.163 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) 10.85% |
| CBR al 100% de la Máxima densidad seca | (%) 10.65% |
| CBR al 95% de la Máxima densidad seca | (%) 10.12% |



| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------------------------------|------|
| CALICATA | C - 2 | Molde N° | S-3 |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Peso del Molde (g) | 4280 |
| UBICACION: | Carretera Cajamarca - Otuzco | Volumen del molde (cm ³) | 933 |
| | Cajamarca | N° de capas | 5 |
| | Cajamarca | N° de golpes por capas | 25 |

| MUESTRA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|----------------------|-------|--------|-------|--------|
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 5810 | 6200 | 6215 | 6050 |
| Peso del molde | (g) | 4280 | 4280 | 4280 | 4280 |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 1530 | 1920 | 1935 | 1770 |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.64 | 2.06 | 2.07 | 1.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + tara | (g) | 98.47 | 110.71 | 95.62 | 123.47 |
| peso del suelo seco + tara | (g) | 92.8 | 103.25 | 88.27 | 111.89 |
| Peso del agua | (g) | 5.67 | 7.46 | 7.35 | 11.58 |
| Peso de la tara | (g) | 9.78 | 10.35 | 10.59 | 10.5 |
| Peso del suelo seco | (g) | 83.02 | 92.9 | 77.68 | 101.39 |
| % de humedad | (%) | 6.83% | 8.03% | 9.46% | 11.42% |
| Densidad del suelo seco | (g/cm ³) | 1.54 | 1.90 | 1.89 | 1.70 |

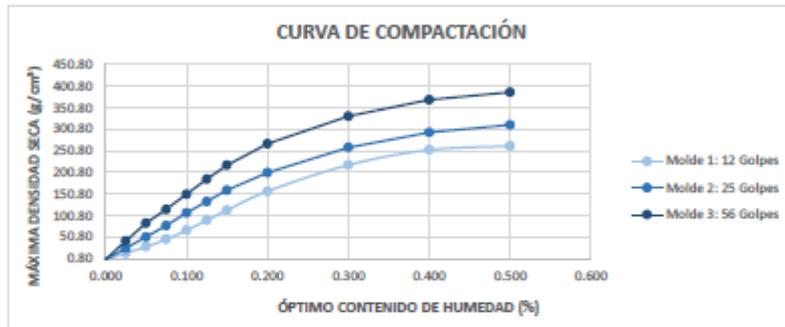


| | | |
|-----------------------------|----------------------|------|
| Máxima densidad seca | (g/cm ³) | 1.95 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 8.70 |

| ENSAYO DE CBR | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| ESTADO | | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| MOLDE | | MOLDE 01 | | MOLDE 02 | | MOLDE 03 | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | | 12 | | 25 | | 56 | |
| SOBRECARGA | (g) | 4530 | | 4530 | | 4530 | |
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 11385 | | 11670 | | 11998 | |
| Peso del molde | (g) | 7555 | | 7555 | | 7555 | |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 3830 | | 4115 | | 4443 | |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2119 | | 2119 | | 2119 | |
| Volumen del disco espaciador | (cm ³) | 1085 | | 1085 | | 1085 | |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.807 | | 1.942 | | 2.097 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + cápsula | (g) | 88.95 | | 101.48 | | 95.68 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 82.29 | | 93.64 | | 88.51 | |
| Peso del agua | (g) | 6.66 | | 7.84 | | 7.17 | |
| Peso de la cápsula | (g) | 10.04 | | 10.30 | | 10.54 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 72.25 | | 83.34 | | 77.97 | |
| % de humedad | (%) | 9.22% | | 9.41% | | 9.20% | |
| Densidad de suelo seco | (g/cm ³) | 1.655 | | 1.775 | | 1.920 | |

| ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| TIEMPO | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 0 hrs | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 hrs | 3.348 | 1.974 | 1.974 | 1.554 | 2.174 | 2.174 | 1.712 | 2.436 | 1.918 |
| 48 hrs | 3.651 | 2.153 | 2.153 | 1.696 | 2.315 | 2.315 | 1.823 | 2.578 | 2.030 |
| 72 hrs | 3.793 | 2.237 | 2.237 | 1.761 | 2.336 | 2.336 | 1.840 | 2.599 | 2.048 |
| 96 hrs | 3.793 | 2.237 | 2.237 | 1.761 | 2.336 | 2.336 | 1.840 | 2.599 | 2.048 |

| ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|
| PENETRACIÓN Pulg. | LECTURA DIAL | MOLDE 1 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 2 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 3 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² |
| 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 4 | 42.50 | 14.17 | 9 | 76.25 | 25.42 | 16 | 127.50 | 42.50 |
| 0.050 | 9 | 86.25 | 28.75 | 18 | 155.00 | 51.67 | 25 | 250.00 | 83.33 |
| 0.075 | 15 | 138.70 | 46.23 | 27 | 233.50 | 77.83 | 41 | 346.25 | 115.42 |
| 0.100 | 22 | 200.50 | 66.83 | 37 | 321.50 | 107.17 | 53 | 451.25 | 150.42 |
| 0.125 | 30 | 270.50 | 90.17 | 46 | 400.50 | 133.50 | 65 | 556.25 | 185.42 |
| 0.150 | 38 | 340.00 | 113.33 | 55 | 478.75 | 159.58 | 76 | 652.50 | 217.50 |
| 0.200 | 53 | 471.50 | 157.17 | 69 | 601.25 | 200.42 | 93 | 801.25 | 267.08 |
| 0.300 | 74 | 655.00 | 218.33 | 89 | 776.25 | 258.75 | 115 | 993.75 | 331.25 |
| 0.400 | 86 | 760.00 | 253.33 | 101 | 880.25 | 293.42 | 128 | 1107.50 | 369.17 |
| 0.500 | 89 | 786.50 | 262.17 | 107 | 933.50 | 311.17 | 134 | 1160.00 | 386.67 |

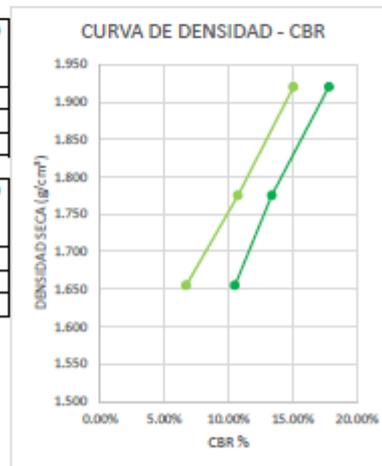


VALORES CORREGIDOS

| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.100 | 66.833 | 1000 | 6.68% | 1.655 |
| 2 | 0.100 | 107.167 | 1000 | 10.72% | 1.775 |
| 3 | 0.100 | 150.417 | 1000 | 15.04% | 1.920 |

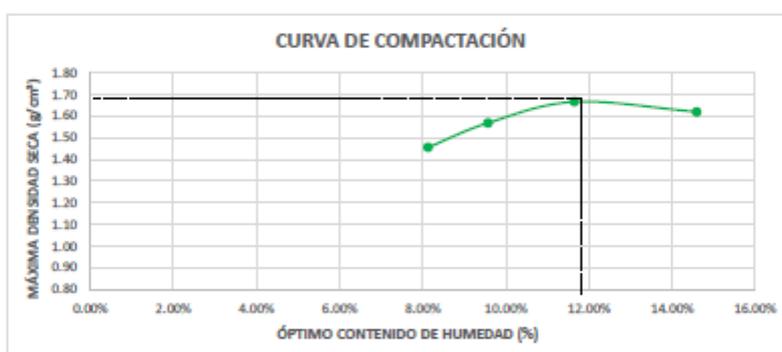
| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.200 | 157.167 | 1500 | 10.48% | 1.655 |
| 2 | 0.200 | 200.417 | 1500 | 13.36% | 1.775 |
| 3 | 0.200 | 267.083 | 1500 | 17.81% | 1.920 |

| RESULTADOS DEL ENSAYO | |
|--|----------------------------|
| Máxima densidad seca al 100% | (g/cm ³) 1.920 |
| Máxima densidad seca al 95% | (g/cm ³) 1.824 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) 9.20% |
| CBR al 100% de la Máxima densidad seca | (%) 14.25% |
| CBR al 95% de la Máxima densidad seca | (%) 13.54% |



| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------------------------------|------|
| CALICATA | C - 3 | Molde N° | S-3 |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Peso del Molde (g) | 6430 |
| UBICACIÓN: | Carretera Cajamarca - Otuzco | Volumen del molde (cm ³) | 2119 |
| | Cajamarca | N° de capas | 5 |
| | Cajamarca | N° de golpes por capas | 56 |

| MUESTRA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|----------------------|-------|-------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 9768 | 10074 | 10374 | 10365 |
| Peso del molde | (g) | 6430 | 6430 | 6430 | 6430 |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 3338 | 3644 | 3944 | 3935 |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.58 | 1.72 | 1.86 | 1.86 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + tara | (g) | 89.1 | 89.41 | 81.1 | 73.39 |
| peso del suelo seco + tara | (g) | 83.14 | 82.48 | 73.74 | 65.38 |
| Peso del agua | (g) | 5.96 | 6.93 | 7.36 | 8.01 |
| Peso de la tara | (g) | 9.85 | 10.1 | 10.59 | 10.5 |
| Peso del suelo seco | (g) | 73.29 | 72.38 | 63.15 | 54.88 |
| % de humedad | (%) | 8.13% | 9.57% | 11.65% | 14.60% |
| Densidad del suelo seco | (g/cm ³) | 1.46 | 1.57 | 1.67 | 1.62 |

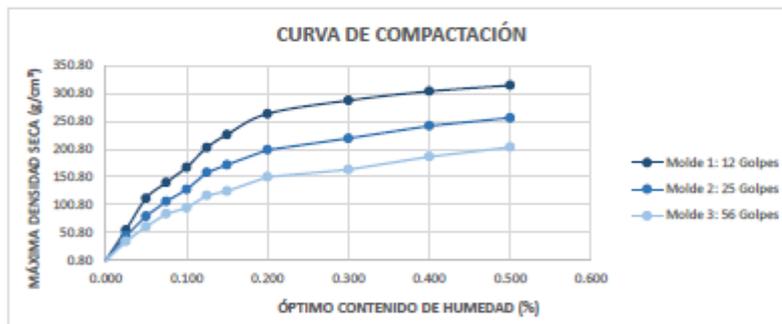


| | | |
|-----------------------------|----------------------|-------|
| Máxima densidad seca | (g/cm ³) | 1.675 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 11.85 |

| ENSAYO DE CBR | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| ESTADO | | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| MOLDE | | MOLDE 01 | | MOLDE 02 | | MOLDE 03 | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | | 12 | | 25 | | 56 | |
| SOBRECARGA | (g) | 4530 | | 4530 | | 4530 | |
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 11558 | | 10476 | | 11956 | |
| Peso del molde | (g) | 8000 | | 6718 | | 8000 | |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 3558 | | 3758 | | 3956 | |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2110 | | 2119 | | 2119 | |
| Volumen del disco espaciador | (cm ³) | 1065 | | 1085 | | 1085 | |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 1.686 | | 1.773 | | 1.867 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + cápsula | (g) | 80.22 | | 81.52 | | 80.79 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 71.86 | | 72.89 | | 72.54 | |
| Peso del agua | (g) | 8.36 | | 8.63 | | 8.25 | |
| Peso de la cápsula | (g) | 10.3 | | 10.32 | | 10.33 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 61.56 | | 62.57 | | 62.21 | |
| % de humedad | (%) | 13.58% | | 13.79% | | 13.26% | |
| Densidad de suelo seco | (g/cm ³) | 1.485 | | 1.559 | | 1.648 | |

| ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| TIEMPO | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 0 hrs | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 hrs | 0.970 | 0.970 | 0.754 | 0.450 | 0.450 | 0.669 | 0.720 | 0.720 | 0.567 |
| 48 hrs | 1.020 | 1.020 | 0.803 | 0.650 | 0.650 | 0.756 | 0.810 | 0.810 | 0.838 |
| 72 hrs | 1.030 | 1.030 | 0.811 | 0.970 | 0.970 | 0.764 | 0.820 | 0.820 | 0.848 |
| 96 hrs | 1.040 | 1.040 | 0.819 | 0.980 | 0.980 | 0.772 | 0.820 | 0.820 | 0.854 |

| ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|
| PENETRACIÓN Pulg. | LECTURA DIAL | MOLDE 1 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 2 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 3 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² |
| 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 13 | 103.80 | 34.60 | 15 | 133.90 | 44.63 | 19 | 165.40 | 55.13 |
| 0.050 | 20 | 184.30 | 61.43 | 27 | 240.90 | 80.30 | 26 | 336.50 | 112.17 |
| 0.075 | 34 | 252.90 | 84.30 | 40 | 320.10 | 106.70 | 31 | 422.50 | 140.83 |
| 0.100 | 37 | 284.80 | 94.93 | 51 | 384.10 | 128.03 | 62 | 504.90 | 168.30 |
| 0.125 | 40 | 353.10 | 117.70 | 55 | 476.10 | 158.70 | 71 | 610.60 | 203.53 |
| 0.150 | 43 | 375.40 | 125.13 | 60 | 518.10 | 172.70 | 77 | 681.00 | 227.00 |
| 0.200 | 48 | 452.80 | 150.93 | 66 | 598.60 | 199.53 | 96 | 793.60 | 264.53 |
| 0.300 | 47 | 492.80 | 164.27 | 77 | 661.00 | 220.33 | 99 | 866.00 | 288.67 |
| 0.400 | 61 | 563.10 | 187.70 | 85 | 728.30 | 242.77 | 107 | 915.10 | 305.03 |
| 0.500 | 71 | 613.60 | 204.53 | 88 | 771.80 | 257.27 | 111 | 947.20 | 315.73 |

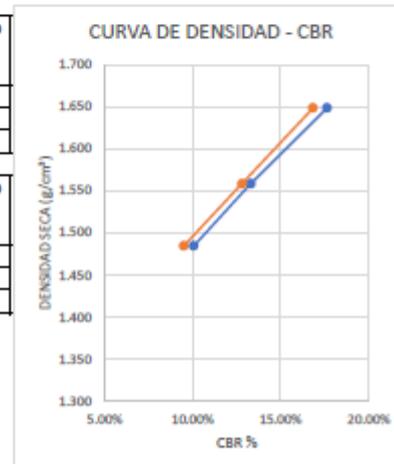


VALORES CORREGIDOS

| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.100 | 94.933 | 1000 | 9.49% | 1.485 |
| 2 | 0.100 | 128.033 | 1000 | 12.80% | 1.559 |
| 3 | 0.100 | 168.300 | 1000 | 16.83% | 1.648 |

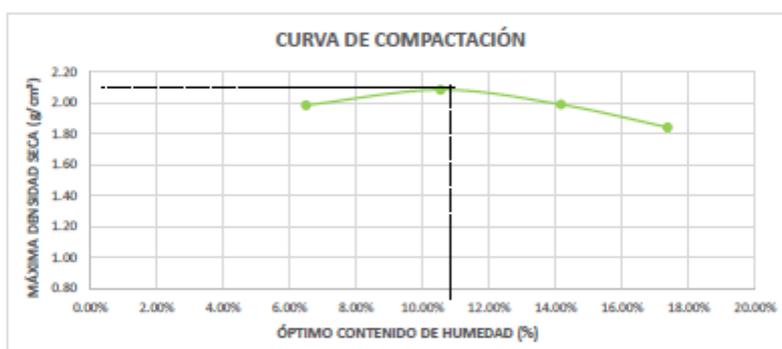
| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.200 | 150.933 | 1500 | 10.06% | 1.485 |
| 2 | 0.200 | 199.533 | 1500 | 13.30% | 1.559 |
| 3 | 0.200 | 264.533 | 1500 | 17.64% | 1.648 |

| RESULTADOS DEL ENSAYO | | |
|--|----------------------|--------|
| Máxima densidad seca al 100% | (g/cm ³) | 1.648 |
| Máxima densidad seca al 95% | (g/cm ³) | 1.566 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 13.26% |
| CBR al 100% de la Máxima densidad seca | (%) | 13.95% |
| CBR al 95% de la Máxima densidad seca | (%) | 13.25% |



| | | | |
|---|---------|--------------------------------------|------|
| CALICATA | C - 4 | Molde N° | 5-3 |
| PROFUNDIDAD | 1.50 m. | Peso del Molde (g) | 6523 |
| UBICACIÓN: Carretera Cajamarca - Otuzco Cajamarca Cajamarca | | Volumen del molde (cm ³) | 2119 |
| | | N° de capas | 5 |
| | | N° de golpes por capas | 56 |

| MUESTRA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 11003 | 11405 | 11335 | 11105 |
| Peso del molde | (g) | 6523 | 6523 | 6523 | 6523 |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 4480 | 4882 | 4812 | 4582 |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 2.11 | 2.30 | 2.27 | 2.16 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + tara | (g) | 107.21 | 107.35 | 107.99 | 108.6 |
| Peso del suelo seco + tara | (g) | 101.32 | 98.12 | 95.92 | 94.1 |
| Peso del agua | (g) | 5.89 | 9.23 | 12.07 | 14.5 |
| Peso de la tara | (g) | 10.68 | 10.57 | 10.70 | 10.6 |
| Peso del suelo seco | (g) | 90.64 | 87.55 | 85.22 | 83.5 |
| % de humedad | (%) | 6.50% | 10.54% | 14.16% | 17.37% |
| Densidad del suelo seco | (g/cm ³) | 1.99 | 2.08 | 1.99 | 1.84 |

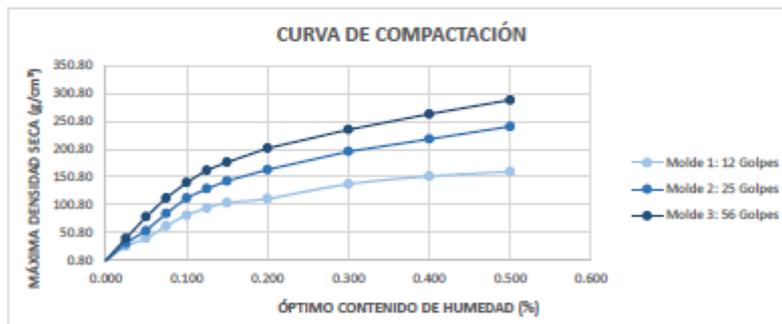


| | | |
|-----------------------------|----------------------|-------|
| Máxima densidad seca | (g/cm ³) | 2.09 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 10.35 |

| ENSAYO DE CBR | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| ESTADO | | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| MOLDE | | MOLDE 01 | | MOLDE 02 | | MOLDE 03 | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | | 12 | | 25 | | 56 | |
| SOBRECARGA | (g) | 4530 | | 4530 | | 4530 | |
| Peso del suelo húmedo + molde | (g) | 13225 | | 13188 | | 14036 | |
| Peso del molde | (g) | 8774 | | 8512 | | 9116 | |
| Peso del suelo húmedo | (g) | 4451 | | 4676 | | 4920 | |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2137 | | 2137 | | 2137 | |
| Volumen del disco espaciador | (cm ³) | 1085 | | 1085 | | 1085 | |
| Densidad húmeda | (g/cm ³) | 2.083 | | 2.188 | | 2.302 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + cápsula | (g) | 92.93 | | 108.73 | | 116.15 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 85.21 | | 99.62 | | 106.45 | |
| Peso del agua | (g) | 7.72 | | 9.11 | | 9.7 | |
| Peso de la cápsula | (g) | 10.17 | | 10.10 | | 11.89 | |
| Peso del suelo seco + cápsula | (g) | 75.04 | | 89.52 | | 94.56 | |
| % de humedad | (%) | 10.29% | | 10.18% | | 10.26% | |
| Densidad de suelo seco | (g/cm ³) | 1.889 | | 1.986 | | 2.088 | |

| ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| TIEMPO | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | | LECTURA DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 0 hrs | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 hrs | 0.650 | 0.650 | 0.512 | 0.750 | 0.750 | 0.591 | 0.980 | 0.980 | 0.772 |
| 48 hrs | 0.740 | 0.740 | 0.583 | 0.880 | 0.880 | 0.683 | 1.040 | 1.040 | 0.819 |
| 72 hrs | 0.750 | 0.750 | 0.591 | 0.890 | 0.890 | 0.701 | 1.050 | 1.050 | 0.827 |
| 96 hrs | 0.760 | 0.760 | 0.598 | 0.900 | 0.900 | 0.709 | 1.060 | 1.060 | 0.835 |

| ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|
| PENETRACIÓN Pulg. | LECTURA DIAL | MOLDE 1 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 2 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² | LECTURA DIAL | MOLDE 3 lbs | ESFUERZO lbs/pulg ² |
| 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 6 | 78.00 | 26.00 | 8 | 94.80 | 31.60 | 11 | 119.90 | 39.97 |
| 0.050 | 11 | 119.90 | 39.97 | 16 | 161.90 | 53.97 | 22 | 237.40 | 79.13 |
| 0.075 | 19 | 187.00 | 62.33 | 27 | 254.30 | 84.77 | 37 | 338.10 | 112.70 |
| 0.100 | 26 | 245.10 | 81.70 | 37 | 338.10 | 112.70 | 47 | 422.10 | 140.70 |
| 0.125 | 31 | 283.50 | 94.50 | 43 | 388.50 | 129.50 | 54 | 488.90 | 162.97 |
| 0.150 | 34 | 312.90 | 104.30 | 48 | 430.50 | 143.50 | 60 | 531.50 | 177.17 |
| 0.200 | 39 | 334.90 | 111.63 | 56 | 491.70 | 163.90 | 69 | 607.90 | 202.63 |
| 0.300 | 46 | 413.70 | 137.90 | 67 | 590.10 | 196.70 | 81 | 707.90 | 235.97 |
| 0.400 | 51 | 455.70 | 151.90 | 75 | 657.40 | 219.13 | 91 | 792.00 | 264.00 |
| 0.500 | 54 | 480.90 | 160.30 | 81 | 724.70 | 241.57 | 100 | 867.70 | 289.23 |

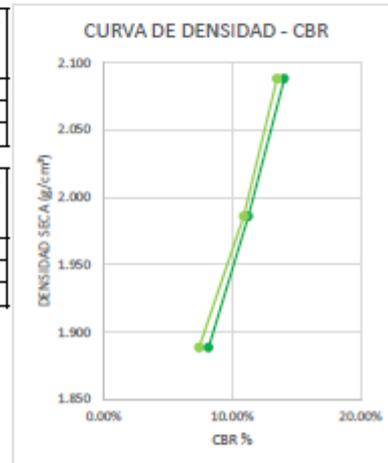


VALORES CORREGIDOS

| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.100 | 81.700 | 1000 | 8.17% | 1.889 |
| 2 | 0.100 | 112.700 | 1000 | 11.27% | 1.986 |
| 3 | 0.100 | 140.700 | 1000 | 14.07% | 2.088 |

| MOLDE N° | PENETRACIÓN (pulg) | PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²) | PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²) | CBR (%) | DENSIDAD SECA (g/cm ³) |
|----------|--------------------|---|---|---------|------------------------------------|
| 1 | 0.200 | 111.633 | 1500 | 7.44% | 1.889 |
| 2 | 0.200 | 163.900 | 1500 | 10.93% | 1.986 |
| 3 | 0.200 | 202.633 | 1500 | 13.51% | 2.088 |

| RESULTADOS DEL ENSAYO | | |
|--|----------------------|--------|
| Máxima densidad seca al 100% | (g/cm ³) | 2.088 |
| Máxima densidad seca al 95% | (g/cm ³) | 1.984 |
| Óptimo contenido de humedad | (%) | 10.26% |
| CBR al 100% de la Máxima densidad seca | (%) | 14.07% |
| CBR al 95% de la Máxima densidad seca | (%) | 11.40% |



ANEXO 4. CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

ANEXO 4.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CONTEO VEHICULAR

| | |
|--|--|
|  | <p><i>Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca</i></p> |
| | <p>BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA</p> |
| | <p>PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL</p> |
|  | |
| <p><i>Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.</i></p> | |
| <p>Figura 44. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco</p> | |
|  | |
| <p><i>Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.</i></p> | |
| <p>Figura 45. Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco</p> | |



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 46. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 47. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito
Los Baños del Inca, Cajamarca**

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 48. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 49. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 50. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



Nota. Se evidencia el conteo vehicular en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 51. *Conteo vehicular para la carretera Cajamarca - Otuzco*



**Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito
Los Baños del Inca, Cajamarca**

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 52. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 53. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 54. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 55. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco



Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca – Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca

BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

PANEL FOTOGRÁFICO GENERAL



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 56. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco



Nota. Se evidencia los tipos de vehículos que transitan en la muestra de estudio, por Chomba, 2024.

Figura 57. Vehículos que transitan en la carretera Cajamarca - Otuzco

ANEXO 4.2. FICHA DE CONTEO VEHICULAR

| DÍA | SENTIDO | Automovil | PICK UP | Combi | Camión | | Total |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| | | | | | C2 | C3 | |
| LUNES | ENTRADA | 35 | 27 | 46 | 5 | 3 | 116 |
| MARTES | ENTRADA | 32 | 22 | 42 | 8 | 2 | 106 |
| MIÉRCOLES | ENTRADA | 27 | 26 | 39 | 6 | 4 | 102 |
| JUEVES | ENTRADA | 29 | 31 | 44 | 10 | 3 | 117 |
| VIERNES | ENTRADA | 31 | 24 | 41 | 7 | 4 | 107 |
| SÁBADO | ENTRAAD | 23 | 26 | 43 | 7 | 5 | 104 |
| DOMINGO | ENTRADA | 21 | 22 | 38 | 5 | 4 | 90 |
| IMD | | 28 | 25 | 42 | 7 | 4 | 106 |

| DÍA | SENTIDO | Automovil | PICK UP | Combi | Camión | | Total |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| | | | | | C2 | C3 | |
| LUNES | ENTRADA | 33 | 24 | 44 | 7 | 4 | 112 |
| MARTES | ENTRADA | 37 | 28 | 41 | 6 | 2 | 114 |
| MIÉRCOLES | ENTRADA | 32 | 23 | 41 | 6 | 3 | 105 |
| JUEVES | ENTRADA | 35 | 25 | 38 | 5 | 3 | 106 |
| VIERNES | ENTRADA | 29 | 22 | 42 | 9 | 4 | 106 |
| SÁBADO | ENTRAAD | 31 | 18 | 37 | 7 | 3 | 96 |
| DOMINGO | ENTRADA | 27 | 21 | 35 | 4 | 4 | 91 |
| IMD | | 32 | 23 | 40 | 6 | 3 | 104 |

ANEXO 4.3. FLUJO VEHICULAR DE VEHICULOS LIGEROS Y PESADOS, SEGÚN DEPARTAMENTOS, INEI, 2023 – 2024

| Departamento | 2023 P/ | | | | | 2024 P/ | | | | | | | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Jul. | Ago. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. |
| Total | 3 772 095 | 3 743 941 | 3 281 505 | 3 478 814 | 3 278 633 | 4 055 816 | 4 340 576 | 4 177 001 | 3 928 719 | 3 100 172 | 3 433 939 | 3 302 094 | 3 966 128 |
| Amazonas | 41 154 | 41 116 | 36 219 | 36 611 | 34 481 | 42 495 | 42 324 | 38 891 | 38 920 | 33 473 | 37 282 | 37 619 | 45 190 |
| Áncash | 165 099 | 159 088 | 130 936 | 140 237 | 128 643 | 185 791 | 198 192 | 190 721 | 167 364 | 124 877 | 134 533 | 129 906 | 169 924 |
| Apurímac | 31 656 | 32 619 | 28 274 | 29 228 | 28 345 | 33 155 | 25 438 | 2 811 | 29 048 | 28 582 | 31 334 | 30 788 | 35 293 |
| Arequipa | 401 030 | 399 634 | 345 549 | 376 953 | 363 420 | 468 030 | 614 976 | 629 831 | 467 474 | 333 909 | 325 301 | 273 914 | 341 363 |
| Ayacucho | 15 240 | 15 617 | 11 451 | 11 512 | 10 609 | 13 367 | 13 907 | 13 931 | 13 323 | 10 357 | 12 739 | 11 534 | 16 357 |
| Cajamarca | 23 811 | 24 699 | 20 145 | 20 622 | 19 243 | 26 620 | 26 323 | 23 070 | 21 459 | 15 903 | 18 554 | 18 660 | 24 921 |
| Cusco | 11 812 | 13 233 | 11 676 | 11 702 | 10 712 | 12 153 | 15 352 | 15 202 | 12 880 | 9 718 | 11 234 | 11 411 | 13 680 |
| Huánuco | 37 489 | 36 726 | 32 259 | 33 954 | 30 534 | 40 455 | 38 170 | 34 585 | 35 368 | 30 872 | 35 278 | 34 388 | 38 188 |
| Ica | 293 731 | 286 287 | 248 271 | 269 934 | 249 906 | 303 222 | 326 600 | 317 808 | 311 112 | 240 922 | 259 219 | 254 947 | 302 228 |
| Junín | 225 496 | 205 235 | 155 898 | 163 357 | 149 414 | 185 941 | 184 655 | 155 333 | 155 981 | 132 524 | 160 673 | 148 049 | 197 729 |
| La Libertad | 584 565 | 594 284 | 531 306 | 550 898 | 525 964 | 643 155 | 643 029 | 617 255 | 587 201 | 503 478 | 537 725 | 528 324 | 623 491 |
| Lambayeque | 109 803 | 117 814 | 104 497 | 105 745 | 101 682 | 123 547 | 122 352 | 110 405 | 113 453 | 101 738 | 187 125 | 186 539 | 209 383 |
| Lima | 1 126 633 | 1 063 044 | 932 688 | 1 021 081 | 950 061 | 1 233 794 | 1 323 563 | 1 291 254 | 1 263 569 | 894 474 | 949 541 | 910 556 | 1 108 191 |
| Madre de Dios | 28 779 | 28 275 | 26 238 | 25 881 | 23 972 | 26 018 | 26 175 | 22 882 | 25 099 | 23 968 | 64 487 | 66 199 | 75 490 |
| Moquegua | 93 690 | 93 065 | 85 586 | 87 064 | 84 152 | 96 603 | 109 459 | 106 117 | 96 279 | 80 231 | 85 567 | 82 641 | 95 429 |
| Piura | 374 284 | 407 287 | 383 345 | 394 789 | 379 986 | 416 423 | 407 573 | 371 748 | 374 447 | 351 474 | 383 581 | 381 327 | 438 682 |
| Puno | 67 294 | 79 761 | 61 821 | 66 662 | 60 634 | 70 902 | 92 933 | 109 257 | 88 772 | 75 209 | 84 978 | 79 239 | 94 563 |
| San Martín | 58 327 | 58 547 | 50 514 | 52 813 | 51 344 | 58 245 | 57 841 | 54 197 | 56 043 | 47 935 | 51 063 | 52 144 | 63 831 |
| Tacna | 69 719 | 68 234 | 70 144 | 63 762 | 60 634 | 75 900 | 71 714 | 71 259 | 70 927 | 60 528 | 63 725 | 63 909 | 72 205 |
| Tumbes | 12 483 | 19 376 | 14 688 | 16 009 | 14 897 | - | - | 444 | - | - | - | - | - |

| Departamento | 2023 P/ | | | | | | 2024 P/ | | | | | | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Jul. | Ago. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. |
| Total | 2 395 894 | 2 515 013 | 2 449 234 | 2 555 324 | 2 523 928 | 2 495 673 | 2 462 158 | 2 329 007 | 2 363 939 | 2 386 113 | 2 509 971 | 2 402 385 | 2 597 215 |
| Amazonas | 16 991 | 18 183 | 17 606 | 17 780 | 17 110 | 16 010 | 16 265 | 16 026 | 16 508 | 16 020 | 16 902 | 17 127 | 18 638 |
| Áncash | 213 027 | 222 234 | 217 872 | 224 870 | 225 526 | 226 187 | 221 851 | 209 295 | 207 585 | 208 488 | 226 299 | 213 552 | 229 510 |
| Apurímac | 16 772 | 16 533 | 15 953 | 17 188 | 16 101 | 16 680 | 10 397 | 1 705 | 18 047 | 15 451 | 16 424 | 16 180 | 17 731 |
| Arequipa | 346 270 | 352 972 | 348 709 | 367 203 | 359 501 | 360 640 | 364 094 | 353 900 | 334 204 | 339 601 | 335 670 | 299 683 | 342 370 |
| Ayacucho | 19 090 | 19 672 | 19 725 | 20 378 | 18 684 | 19 579 | 16 973 | 16 606 | 20 572 | 18 424 | 19 654 | 20 193 | 22 137 |
| Cajamarca | 21 056 | 22 506 | 21 947 | 22 753 | 22 282 | 21 260 | 21 501 | 20 217 | 20 880 | 20 708 | 21 009 | 21 246 | 23 016 |
| Cusco | 8 054 | 8 279 | 7 979 | 8 030 | 7 538 | 7 891 | 8 433 | 7 828 | 7 914 | 7 566 | 8 066 | 8 284 | 8 256 |
| Huánuco | 20 129 | 21 829 | 21 061 | 21 696 | 19 890 | 20 529 | 21 116 | 20 014 | 20 705 | 20 227 | 20 858 | 20 241 | 20 090 |
| Ica | 203 798 | 210 697 | 204 665 | 214 265 | 212 507 | 224 220 | 222 404 | 206 170 | 211 644 | 212 887 | 214 283 | 210 485 | 226 419 |
| Junín | 118 747 | 122 978 | 116 147 | 120 761 | 112 364 | 109 630 | 111 230 | 100 119 | 110 527 | 105 883 | 100 481 | 94 652 | 99 271 |
| La Libertad | 336 661 | 364 550 | 353 333 | 365 552 | 364 693 | 367 486 | 361 219 | 339 892 | 334 677 | 332 053 | 349 528 | 337 839 | 371 358 |
| Lambayeque | 55 950 | 60 316 | 56 877 | 60 461 | 59 099 | 58 060 | 56 566 | 51 375 | 55 026 | 59 319 | 87 258 | 87 891 | 92 830 |
| Lima | 686 417 | 717 700 | 693 979 | 720 373 | 717 550 | 716 772 | 719 627 | 680 430 | 695 877 | 692 999 | 723 741 | 687 730 | 739 448 |
| Madre de Dios | 7 741 | 7 670 | 6 973 | 7 205 | 7 125 | 6 201 | 5 495 | 5 617 | 6 226 | 6 959 | 18 152 | 18 496 | 19 658 |
| Moquegua | 49 417 | 50 482 | 51 937 | 51 894 | 54 187 | 54 108 | 45 495 | 43 549 | 46 367 | 52 325 | 51 833 | 52 815 | 53 736 |
| Piura | 168 462 | 181 805 | 181 435 | 198 997 | 200 634 | 170 325 | 164 017 | 152 663 | 154 121 | 169 233 | 187 082 | 185 087 | 197 290 |
| Puno | 52 896 | 56 751 | 56 152 | 56 476 | 51 469 | 54 413 | 59 792 | 59 134 | 56 871 | 62 336 | 64 595 | 64 606 | 65 988 |
| San Martín | 28 411 | 29 187 | 27 321 | 28 566 | 27 961 | 25 725 | 26 218 | 25 902 | 27 032 | 27 266 | 28 660 | 27 640 | 30 083 |
| Tacna | 19 183 | 19 647 | 19 158 | 19 737 | 18 825 | 19 957 | 19 465 | 18 285 | 19 156 | 18 368 | 19 476 | 18 638 | 19 386 |
| Tumbes | 6 822 | 11 022 | 10 405 | 11 139 | 10 882 | - | - | 280 | - | - | - | - | - |

ANEXO 4.4. FACTOR DE CORRECCIÓN

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada (para IMDa total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas) | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentidos | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentidos | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

ANEXO 4.5. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL - VEHICULOS LIGEROS

| 2023 - 2024 | | | |
|-------------|-----------------|-------------------|----------------|
| MES | TM (Veh/mes) | TPDM _m | F _m |
| Agosto | 24,699 | 797 | 0.895 |
| Septiembre | 20,145 | 672 | 1.062 |
| Octubre | 20,622 | 665 | 1.072 |
| Noviembre | 19,243 | 641 | 1.111 |
| Diciembre | 26,620 | 859 | 0.830 |
| Enero | 26,323 | 849 | 0.840 |
| Febrero | 23,070 | 796 | 0.896 |
| Marzo | 21,459 | 692 | 1.030 |
| Abril | 15,903 | 530 | 1.345 |
| Mayo | 18,554 | 599 | 1.191 |
| Junio | 18,660 | 622 | 1.146 |
| Julio | 24,921 | 804 | 0.887 |
| TA= | 260,219 | | |
| TPDA= | 713 | | |

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL - VEHICULOS PESADOS

| 2023 - 2024 | | | |
|-------------|-----------------|-------------------|----------------|
| MES | TM (Veh/mes) | TPDM _m | F _m |
| Agosto | 22,506 | 726 | 0.979 |
| Septiembre | 21,947 | 732 | 0.971 |
| Octubre | 22,753 | 734 | 0.968 |
| Noviembre | 22,282 | 743 | 0.957 |
| Diciembre | 21,260 | 686 | 1.036 |
| Enero | 21,501 | 694 | 1.024 |
| Febrero | 20,217 | 697 | 1.019 |
| Marzo | 20,880 | 674 | 1.055 |
| Abril | 20,708 | 690 | 1.029 |
| Mayo | 21,009 | 678 | 1.048 |
| Junio | 21,246 | 708 | 1.003 |
| Julio | 23,016 | 742 | 0.957 |
| TA= | 259,325 | | |
| TPDA= | 710 | | |

ANEXO 4.6. FACTORES DE EQUIVALENCIA

| CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES (E.E.) - Pavimento Flexible | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|--|--------|----|----|--------------------|------------------------|----|
| CONFIGURACIÓN | RIPCIÓN GRA | LONG. MÁXIMA | PESO MÁXIMO/F.E.C. (Ejes Equivalentes) | | | | EJES EQUIVALENT | Peso bruto máx (tn) | |
| | | | Eje Delant. | 1° | 2° | 3° | | | 4° |
| C2 |  | 12.30 | 7.00 | 11.00 | | | 4.5037 | 18.0000 | |
| | | | 1.2654 | 3.2383 | | | | | |
| C3 |  | 13.20 | 7.00 | 18.00 | | | 3.2846 | 25.0000 | |
| | | | 1.2654 | 2.0192 | | | | | |

| CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES (E.E.) - Pavimento Flexible | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|--|--------|----|----|--------------------|------------------------|----|
| CONFIGURACIÓN | RIPCIÓN GRA | LONG. MÁXIMA | PESO MÁXIMO/F.E.C. (Ejes Equivalentes) | | | | EJES EQUIVALENT | Peso bruto máx (tn) | |
| | | | Eje Delant. | 1° | 2° | 3° | | | 4° |
| C2 |  | 12.30 | 7.00 | 11.00 | | | 4.6077 | 18.0000 | |
| | | | 1.2728 | 3.3348 | | | | | |
| C3 |  | 13.20 | 7.00 | 18.00 | | | 4.7308 | 25.0000 | |
| | | | 1.2728 | 3.4580 | | | | | |

ANEXO 4.7. TASA DE CRECIMIENTO

Frecimiento Veh. Ligeros

| | | |
|-----------------------|---------|-----------|
| Tasa de crecimiento | 4.50% | Frec. (%) |
| Periodo de proyección | 20 años | 31.37 |

Frecimiento Veh. Pesados

| | | |
|-----------------------|---------|-----------|
| Tasa de crecimiento | 3.10% | Frec. (%) |
| Periodo de proyección | 20 años | 27.15 |

ANEXO 5. DISEÑO DE PAVIMENTO

ANEXO 5.1. COEFICIENTES ESTRUCTURALES

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm) | OBSERVACIÓN |
|---|-------------|--|--|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF) | a_1 | 0.170 / cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión. | a_1 | 0.125 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE |
| Micropavimento 25mm | a_1 | 0.130 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE |
| Tratamiento Superficial Bicapa. | a_1 | 0.250 (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm. | a_1 | 0.150 (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| (*) Valor Global (no se considera el espesor) | | | |

| BASE | | | |
|---|----------|------------|---|
| Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.052 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 5'000,000 EE |
| Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.054 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE |
| Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb) | a_{2a} | 0.115 / cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²) | a_{2b} | 0.070 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²) | a_{2c} | 0.080 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |

| SUBBASE | | | |
|---|-------|------------|--|
| Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS | a_3 | 0.047 / cm | Capa de Sub Base recomendada para Tráfico \leq 15'000,000 EE |
| Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS | a_3 | 0.050 / cm | Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE |

ANEXO 5.2. CALIDAD DE DRENAJE

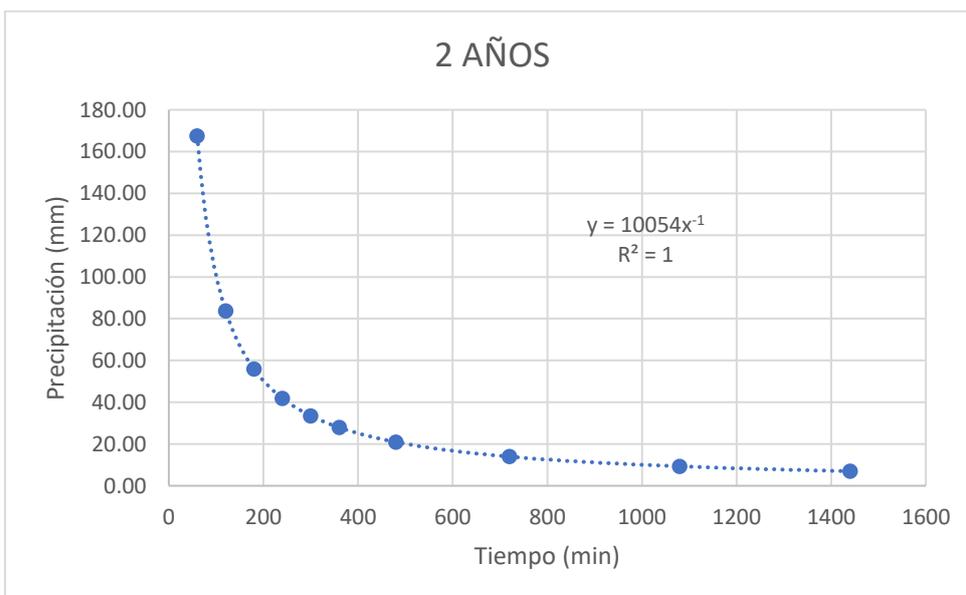
| CALIDAD DEL DRENAJE | TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA |
|---------------------|---|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Mediano | 1 semana |
| Malo | 1 mes |
| Muy malo | El agua no evacua |

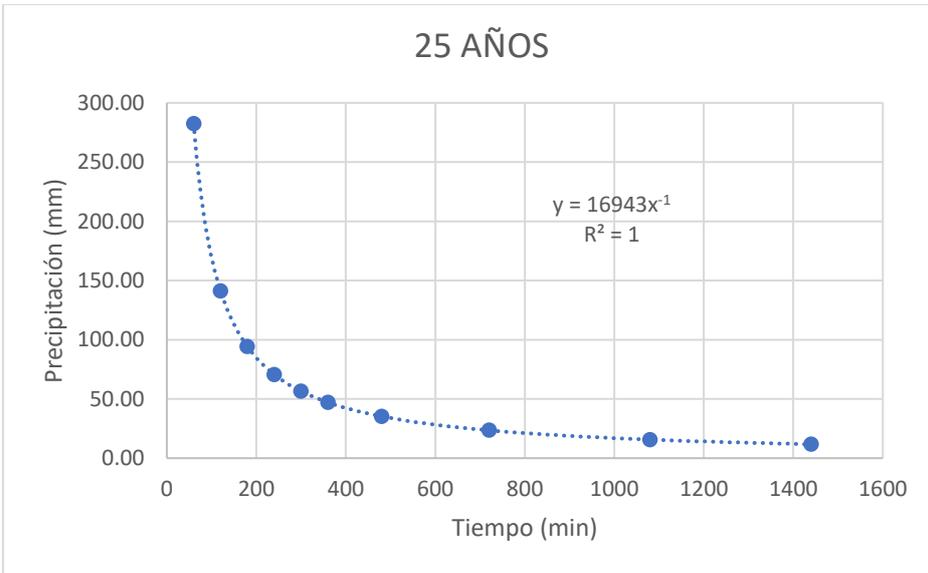
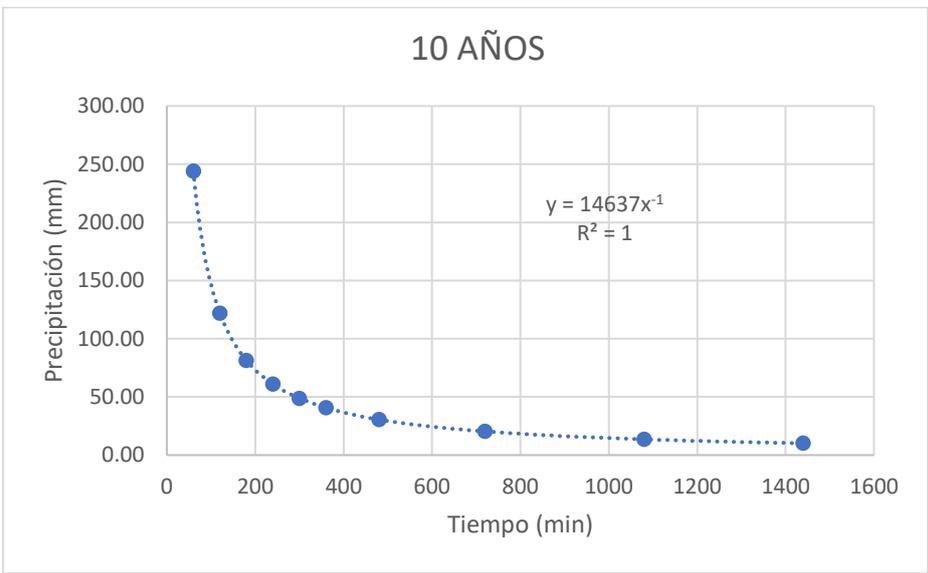
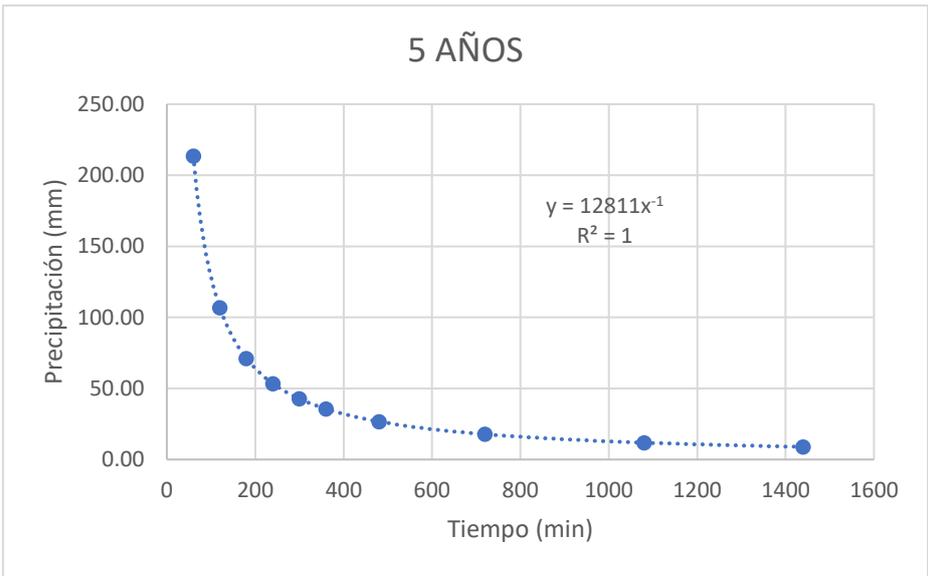
| | |
|-------|--------------------------|
| %CD = | 2 horas x 1 día/24 horas |
| %CD = | 0.083333333 |
| %CD = | 0.02283105 |

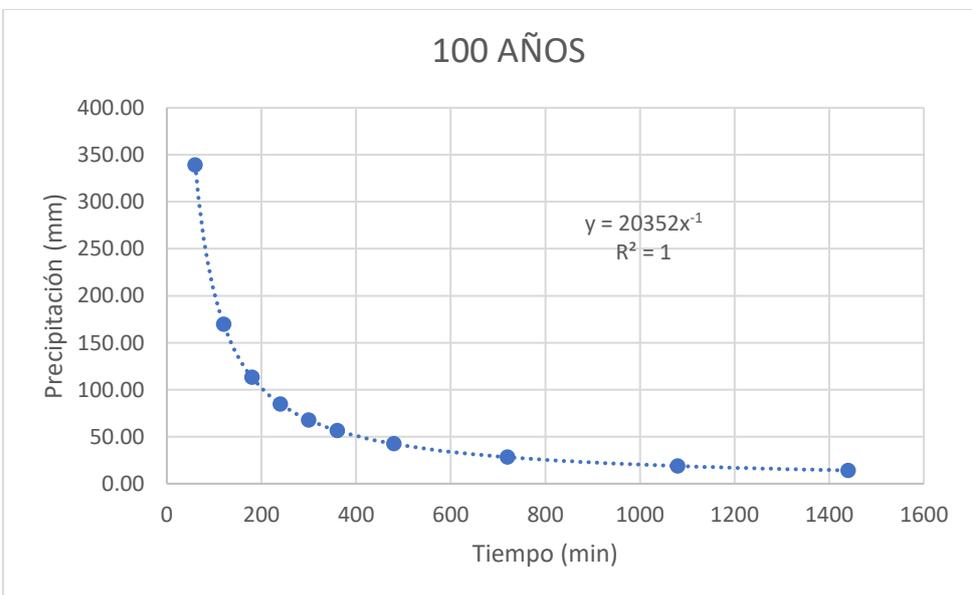
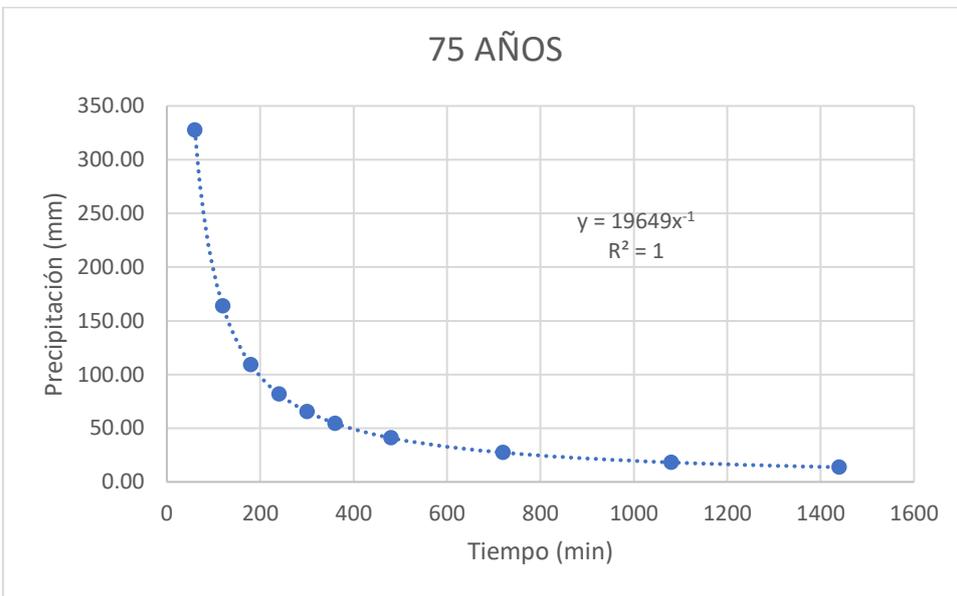
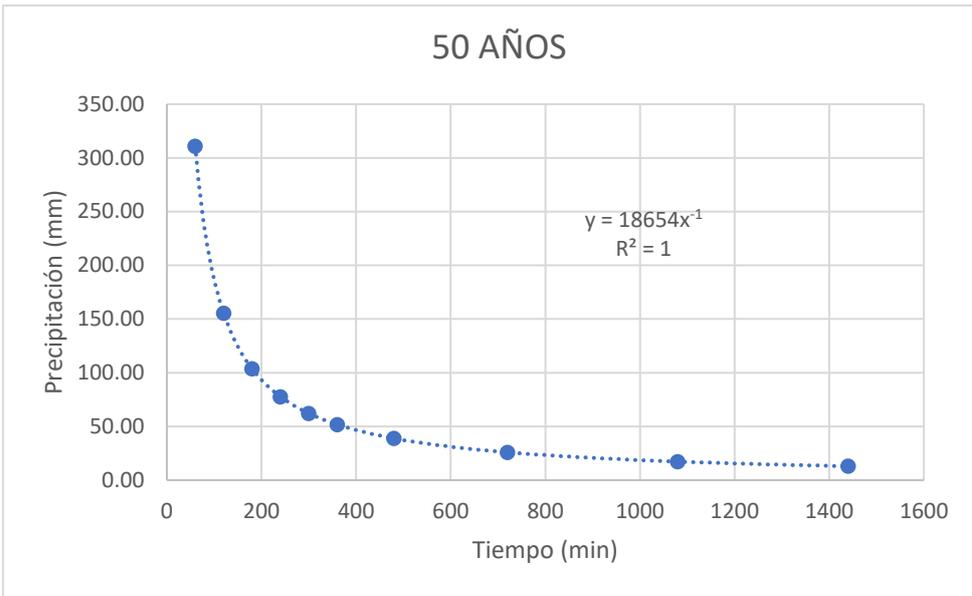
| CALIDAD DEL DRENAJE | P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN. | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|---------------|
| | MENOR QUE 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | MAYOR QUE 25% |
| Excelente | 1.40 - 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35 - 1.25 | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15 - 1.05 | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60 |
| Muy pobre | 1.05 - 0.95 | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40 |

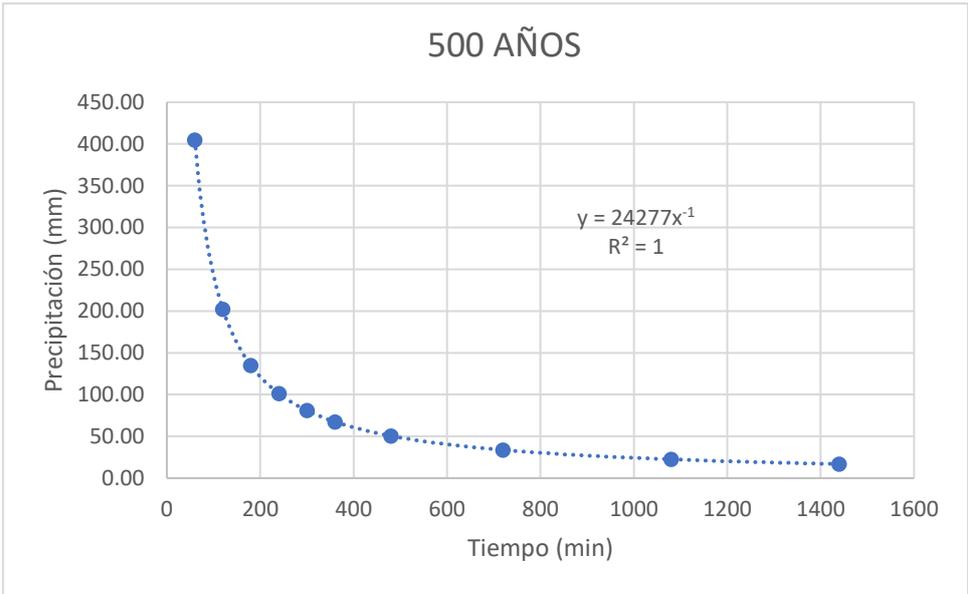
ANEXO 6. DISEÑO DE OBRAS DE ARTE

ANEXO 6.1. GRÁFICAS DE TIEMPO DE DURACIÓN VS. INTENSIDAD







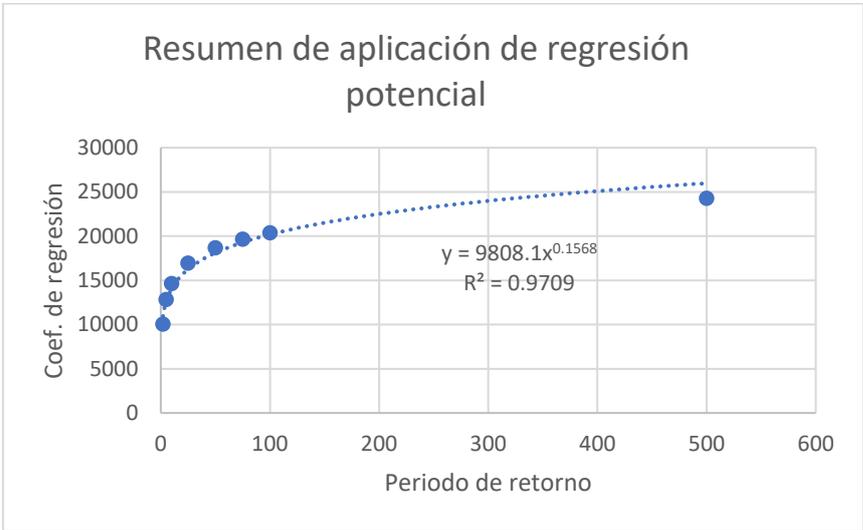


ANEXO 6.2. RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN POTENCIAL

Resumen de aplicación de regresión potencial

| Periodo de retorno | Coef. De regresión | Exp. De regresión |
|--------------------|--------------------|-------------------|
| 2 | 10054 | -1 |
| 5 | 12811 | -1 |
| 10 | 14637 | -1 |
| 25 | 16943 | -1 |
| 50 | 18654 | -1 |
| 75 | 19649 | -1 |
| 100 | 20352 | -1 |
| 500 | 24277 | -1 |

ANEXO 6.3. GRÁFICAS DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN POTENCIAL



ANEXO 7. DISEÑO DE PRESUPUESTO

ANEXO 7.1. METRADO DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

| PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-------------|--------------|-------------|-----------|------|----------|---------|--------|----------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | Und | N° de veces | Elem. Simil. | DIMENSIONES | | | METRADO | | | Total |
| | | | | | Largo | Ancho | Alto | Und | Área | Vol. | |
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | | | | | | | | | |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | | | | | | | | | |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANÍA | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIÉNICO PROVISIONAL | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | | | | | | | | | |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | | | | | | | |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | | | | | | | | | |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | | | | | | | | | |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.01.03 | CAPTACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.02 | RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | | | | | | | |
| 01.02.02.01 | RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | | | | | | | | | |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | | | | | | | | | |
| 02.01.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | | | 476.95 | | 476.95 |
| 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | | | 476.95 | | 476.95 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | | | | | | |
| 02.01.02.01 | EXCAVACIÓN MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | 0.55 | | | 262.32 | 262.32 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 1.00 | 1.00 | 262.32 | COEF. EXP | 1.25 | | | 327.90 | 327.90 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | | | | | | | | | |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KG/CM² | m3 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | | | 0.07 | 83.47 | | 83.47 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | | 0.50 | | 596.19 | | 596.19 |
| 02.02 | PAVIMENTACIÓN | | | | | | | | | | |
| 02.02.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DE TERRENO | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.01.02 | TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TEIRRAS | | | | | | | | | | |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | 0.26 | | 7800.00 | | 7800.00 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 1.00 | 1.00 | 7800.00 | COEF. EXP | 1.25 | | 9750.00 | | 9750.00 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | | | |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=20CM | m3 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | 0.20 | | 6000.00 | | 6000.00 |
| 02.02.03.02 | BARRIDO Y LIMPIEZA PARA IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.03.03 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.03.04 | CARPETA ASFÁLTICA E=6CM | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | | | | | | | |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACIÓN DE VÍAS | glb | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | 30000.00 | | | 30000.00 |

ANEXO 7.2. METRADO DE DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO

| PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----|-------------|--------------|-------------|-----------|-------|---------|---------|----------|----------|----------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | Und | N° de veces | Elem. Simil. | DIMENSIONES | | | METRADO | | | Total | |
| | | | | | Largo | Ancho | Alto | Und | Área | Vol. | | |
| 01 | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD | | | | | | | | | | | |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | | |
| 01.01.01 | CONSTRUCCIONES PROVISIONALES | | | | | | | | | | | |
| 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANÍA | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIÉNICO PROVISIONAL | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60X2.40M | und | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.02 | INSTALACIONES PROVISIONALES | | | | | | | | | | | |
| 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.01.03 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | | | | | | | | |
| 01.01.03.01 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.02 | SALUD Y SEGURIDAD | | | | | | | | | | | |
| 01.02.01 | ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | | | | | | | | | | | |
| 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.01.02 | SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.01.03 | CAPTACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 01.02.02 | RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | | | | | | | | |
| 01.02.02.01 | RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 02 | DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN | | | | | | | | | | | |
| 02.01 | DRENAJE PLUVIAL | | | | | | | | | | | |
| 02.01.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | | |
| 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | | | | 476.95 | | 476.95 |
| 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | | | | 476.95 | | 476.95 |
| 02.01.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | | | | | | | |
| 02.01.02.01 | EXCAVACIÓN MANUAL PARA CUNETAS | m3 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | 0.40 | 0.55 | | | | 262.32 | 262.32 |
| 02.01.02.02 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 1.00 | 1.00 | 262.32 | COEF. EXP | 1.25 | | | | 327.90 | 327.90 |
| 02.01.03 | CUNETAS | | | | | | | | | | | |
| 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KG/CM² | m3 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | | | | | 0.07 | 83.47 | 83.47 |
| 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | m2 | 1.00 | 1.00 | 1192.38 | | 0.50 | | | | 596.19 | 596.19 |
| 02.02 | PAVIMENTACIÓN | | | | | | | | | | | |
| 02.02.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | | | | | | | |
| 02.02.01.01 | LIMPIEZA DE TERRENO | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | | | 30000.00 | | 30000.00 |
| 02.02.01.02 | TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | | | 30000.00 | | 30000.00 |
| 02.02.02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | | | | | | | |
| 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | m3 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | 0.35 | | | | 10500.00 | 10500.00 |
| 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | | | 30000.00 | | 30000.00 |
| 02.02.02.03 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 1.00 | 1.00 | 10500.00 | COEF. EXP | 1.25 | | | | 13125.00 | 13125.00 |
| 02.02.03 | PAVIMENTO RÍGIDO | | | | | | | | | | | |
| 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=15CM | m3 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | 0.15 | | | | 4500.00 | 4500.00 |
| 02.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 1.00 | 2.00 | 5000.00 | | 0.155 | | | 1550.00 | | 1550.00 |
| 02.02.03.03 | CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO F'c=280 KG/CM² E = 15.50 CM | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | 0.16 | | | | 4650.00 | 4650.00 |
| 02.02.03.04 | CURADO DE LOSAS DE CONCRETO CON AGUA | m3 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | | | | 30000.00 | 30000.00 |
| 02.02.03.05 | JUNTAS DE DILATACIÓN E=1" | m | | | | | | | | | | |
| | | m | 1351.00 | 1.00 | | 6.00 | | | 8106.00 | | | 13106.00 |
| | | m | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | | | | 5000.00 | | | |
| 02.02.04 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | | | | | | | | |
| 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | glb | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 02.02.04.02 | SEÑALIZACIÓN DE VÍAS | glb | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 |
| 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA | m2 | 1.00 | 1.00 | 5000.00 | 6.00 | | | | 30000.00 | | 30000.00 |

ANEXO 7.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PAVIMENTO FLEXIBLE

810

Página : 1

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 |
|----------------|--|---|--------------|----------------------------------|-------------|--------------|-------------------|------------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | |
| Partida | 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 100.0000 | EQ. 100.0000 | Costo unitario directo por : glb | | | 4,500.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | | |
| | Subcontratos | | | | | | | |
| 04230600010003 | SC ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | glb | | 1.0000 | 4,500.00 | 4,500.00 | 4,500.00 | |
| Partida | 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIENICO PROVISIONAL | | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb | | | 1,850.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | | |
| | Subcontratos | | | | | | | |
| 0410010015 | SC DE ALQUILER DE SS.HH. PORTATILES EN OBRA | glb | | 1.0000 | 1,850.00 | 1,850.00 | 1,850.00 | |
| Partida | 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M | | | | | | |
| Rendimiento | und/DIA | MO. 2.0000 | EQ. 2.0000 | Costo unitario directo por : und | | | 1,572.85 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | | |
| | Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 8.0000 | 26.19 | 209.52 | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 4.0000 | 20.60 | 82.40 | | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 8.0000 | 18.63 | 149.04 | 440.96 | |
| | Materiales | | | | | | | |
| 02041200020007 | CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4" | kg | | 0.9100 | 4.92 | 4.48 | | |
| 0207030001 | HORMIGON | m3 | | 0.3600 | 55.00 | 19.80 | | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.9000 | 24.58 | 22.12 | | |
| 02180200010005 | PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE G-2 6" X 1/2" | kg | | 9.0000 | 3.70 | 33.30 | | |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 93.6200 | 7.36 | 689.04 | | |
| 02901700010019 | GIGANTOGRAFIA | m2 | | 25.9200 | 13.50 | 349.92 | 1,118.66 | |
| | Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 440.96 | 13.23 | 13.23 | |
| Partida | 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGIA ELECTRICA PARA LA CONSTRUCCION | | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb | | | 4,000.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | | |
| | Materiales | | | | | | | |
| 0290220009 | SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA PROVISIONAL | glb | | 1.0000 | 1,500.00 | 1,500.00 | 1,500.00 | |
| | Equipos | | | | | | | |
| 0301220010 | CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2500 GAL | glb | | 1.0000 | 2,500.00 | 2,500.00 | 2,500.00 | |
| Partida | 01.01.03.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 4.0000 | EQ. 4.0000 | Costo unitario directo por : glb | | | 10,500.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | | |
| | Subcontratos | | | | | | | |
| 0410010016 | SC DE MOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIA | glb | | 1.0000 | 10,500.00 | 10,500.00 | 10,500.00 | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | |
|---------------------|---|---|-------------|----------------------------------|------------|-------------|----------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | | |
| Partida | 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL | | | | | |
| Rendimiento | gbl/DIA | MO. 16.0000 | EQ. 16.0000 | Costo unitario directo por : gbl | | 445.55 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0203020002 | FLETE | kg | | 400.0000 | 0.20 | 80.00 | |
| 02670100010006 | CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS | und | | 0.3300 | 28.00 | 9.24 | |
| 02670100010007 | CASCO TIPO JOCKEY AMARILLO | und | | 0.6700 | 13.90 | 9.31 | |
| 0267020002 | LENTE DE POLICARBONATO LUNA OSCURA | und | | 1.0000 | 13.00 | 13.00 | |
| 0267050001 | GUANTES DE CUERO | par | | 1.0000 | 115.00 | 115.00 | |
| 0267050006 | GUANTES DE JEBE | par | | 1.0000 | 29.00 | 29.00 | |
| 02670600120002 | POLO MANGA LARGA | und | | 1.0000 | 45.00 | 45.00 | |
| 0267070001 | BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO | par | | 1.0000 | 95.00 | 95.00 | |
| 0267070005 | BOTAS DE CAUCHO | par | | 1.0000 | 50.00 | 50.00 | |
| | | | | | | | 445.55 |
| Partida | 01.02.01.02 | SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD | | | | | |
| Rendimiento | gbl/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : gbl | | 978.35 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 0.1000 | 0.8000 | 20.60 | 16.48 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 0.1250 | 1.0000 | 18.63 | 18.63 | |
| | | | | | | | 35.11 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0241050002 | CINTA SEÑALIZADORA COLOR AMARILLO | rl | | 8.0000 | 44.83 | 358.64 | |
| 0267110002 | CONO DE SEÑALIZACION NARANJA DE 28" DE ALTURA | und | | 4.0000 | 25.90 | 103.60 | |
| 0267110014 | TRANQUERAS | und | | 5.0000 | 45.00 | 225.00 | |
| 0267110016 | SEÑALIZACION | und | | 8.0000 | 32.00 | 256.00 | |
| | | | | | | | 943.24 |
| Partida | 01.02.01.03 | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | | | | | |
| Rendimiento | gbl/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : gbl | | 2,500.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02760200510002 | SERVICIO DE CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD | gbl | | 1.0000 | 2,500.00 | 2,500.00 | |
| | | | | | | | 2,500.00 |
| Partida | 01.02.02.01 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMEJERCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | | |
| Rendimiento | gbl/DIA | MO. | EQ. | Costo unitario directo por : gbl | | 2,095.10 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0267100001 | EXTINTOR DE POLVO QUIMICO SECO (PQS) | und | | 4.0000 | 86.36 | 345.44 | |
| 0267100012 | BOTIQUIN 30X30CM EQUIPADO | und | | 3.0000 | 43.22 | 129.66 | |
| | | | | | | | 475.10 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301470002 | HERRAMIENTAS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA | gbl | | 2.0000 | 810.00 | 1,620.00 | |
| | | | | | | | 1,620.00 |
| Partida | 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 1.2000 | EQ. 1.2000 | Costo unitario directo por : m2 | | 2,261.12 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 0.4000 | 2.6667 | 26.19 | 69.84 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 4.0000 | 26.6667 | 18.63 | 496.80 | |
| | | | | | | | 566.64 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 566.64 | 17.00 | |
| 03011800020004 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 6.6667 | 251.62 | 1,677.48 | |
| | | | | | | | 1,694.48 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | |
|---------------------|--|---|--------------|---------------------------------|------------|-------------|-------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | | |
| Partida | 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 500.0000 | EQ. 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 3.85 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0160 | 20.60 | 0.33 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 3.0000 | 0.0480 | 18.63 | 0.89 | |
| 0101030000 | TOPOGRAFO | hh | 1.0000 | 0.0160 | 27.08 | 0.43 | |
| 1.65 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0204030001 | ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 | kg | | 0.6000 | 2.49 | 1.49 | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.0020 | 24.58 | 0.05 | |
| 0213040004 | TIZA | bol | | 0.1000 | 2.12 | 0.21 | |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 0.0200 | 7.36 | 0.15 | |
| 1.90 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301000020 | ESTACION TOTAL | hm | 1.0000 | 0.0160 | 15.88 | 0.25 | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.65 | 0.05 | |
| 0.30 | | | | | | | |
| Partida | 02.01.02.01 | EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 18.0000 | EQ. 18.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 52.07 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.4444 | 20.60 | 9.15 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 5.0000 | 2.2222 | 18.63 | 41.40 | |
| 50.55 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 50.55 | 1.52 | |
| 1.52 | | | | | | | |
| Partida | 02.01.02.02 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 320.0000 | EQ. 320.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 66.99 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0250 | 20.60 | 0.52 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0500 | 18.63 | 0.93 | |
| 1.45 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.45 | 0.04 | |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 6.0000 | 0.1500 | 394.66 | 59.20 | |
| 03012200040001 | CAMION VOLQUETE DE 15 m3 | hm | 1.0000 | 0.0250 | 251.92 | 6.30 | |
| 65.54 | | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0201011 Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad
 Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE Fecha presupuesto 20/08/2024

Partida 02.01.03.01 CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KGICM2

Rendimiento m3/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m3 406.67

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
|---------------------|-----------------------------------|--------|-----------|----------|-------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.8000 | 26.19 | 20.95 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.8000 | 20.60 | 16.48 |
| 0101010005 | PEON | hh | 8.0000 | 3.2000 | 18.63 | 59.62 |
| 97.05 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0201030001 | GASOLINA | gal | | 0.2500 | 16.00 | 4.00 |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.5500 | 80.00 | 44.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5400 | 80.00 | 43.20 |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.1750 | 20.00 | 3.50 |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 8.4300 | 24.58 | 207.21 |
| 301.91 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 97.05 | 2.91 |
| 03012900010003 | VIBRADOR A GASOLINA | hm | 1.0000 | 0.4000 | 4.50 | 1.80 |
| 0301290003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.4000 | 7.50 | 3.00 |
| 7.71 | | | | | | |

Partida 02.01.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS

Rendimiento m2/DIA MO. 14.0000 EQ. 14.0000 Costo unitario directo por : m2 82.90

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
|---------------------|-------------------------------------|--------|-----------|----------|-------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.5714 | 26.19 | 14.96 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.5714 | 20.60 | 11.77 |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 1.1429 | 18.63 | 21.29 |
| 48.02 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 02040100010001 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8 | kg | | 0.2000 | 3.81 | 0.76 |
| 02041200010005 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | | 0.2000 | 3.81 | 0.76 |
| 0222140001 | DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO | gal | | 0.0700 | 60.00 | 4.20 |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 1.8100 | 7.36 | 13.32 |
| 02310500010005 | TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 18 mm | und | | 0.1200 | 120.00 | 14.40 |
| 33.44 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 48.02 | 1.44 |
| 1.44 | | | | | | |

Partida 02.02.01.01 LIMPIEZA DEL TERRENO

Rendimiento m2/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000 Costo unitario directo por : m2 0.62

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
|---------------------|-----------------------|--------|-----------|----------|-------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0320 | 18.63 | 0.60 |
| 0.60 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.60 | 0.02 |
| 0.02 | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | | |
|---------------------|---|---|----------------|---------------------------------|-------------|--------------|-------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | |
| Partida | 02.02.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 600.0000 | EQ. 600.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 69.46 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0267 | 18.63 | 0.50 | |
| 01010300030003 | AYUDANTE DE TOPOGRAFIA | hh | 2.0000 | 0.0267 | 21.10 | 0.56 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02040300010043 | ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 DE 3/8" X 9 m | kg | | 10.0000 | 3.25 | 32.50 | |
| 02130300010001 | YESO BOLSA 28 kg | bol | | 2.0000 | 6.50 | 13.00 | |
| 0240020016 | PINTURA ESMALTE SINTETICO | gal | | 0.5000 | 45.00 | 22.50 | |
| 68.00 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 03010000020001 | NIVEL | hm | 1.0000 | 0.0133 | 9.31 | 0.12 | |
| 0301000011 | TEODOLITO | hm | 1.0000 | 0.0133 | 11.73 | 0.16 | |
| 0301000021 | MIRAS Y JALONES | hm | 4.0000 | 0.0533 | 1.77 | 0.09 | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.06 | 0.03 | |
| 0.40 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 350.0000 | EQ. 350.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 6.82 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0229 | 26.19 | 0.60 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0229 | 18.63 | 0.43 | |
| 1.03 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.03 | 0.03 | |
| 03011800020004 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 0.0229 | 251.62 | 5.76 | |
| 5.79 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACION DE SUBRASANTE | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 1,500.0000 | EQ. 1,500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 6.40 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 3.0000 | 0.0160 | 26.19 | 0.42 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 4.0000 | 0.0213 | 18.63 | 0.40 | |
| 0.82 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0213020001 | CAL | kg | | 0.2500 | 1.85 | 0.46 | |
| 0290130022 | AGUA | m3 | | 0.1200 | 9.50 | 1.14 | |
| 1.60 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.82 | 0.02 | |
| 0301100006 | RODILLO LISO VIBRATORIO | hm | 1.0000 | 0.0053 | 217.45 | 1.15 | |
| 0301200001 | MOTONIVELADORA | hm | 1.0000 | 0.0053 | 214.80 | 1.14 | |
| 03012200050001 | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0053 | 314.87 | 1.67 | |
| 3.98 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.03 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 320.0000 | EQ. 320.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 66.99 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0250 | 20.60 | 0.52 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0500 | 18.63 | 0.93 | |
| 1.45 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.45 | 0.04 | |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 6.0000 | 0.1500 | 394.66 | 59.20 | |
| 03012200040001 | CAMION VOLQUETE DE 15 m3 | hm | 1.0000 | 0.0250 | 251.92 | 6.30 | |
| 65.54 | | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | |
|---------------------|---|---|----------------|---------------------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | |
| Período | 02.02.03.01 | BASE GRANULAR e=0.20 m | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 2,130.0000 | EQ. 2,130.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 76.21 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0038 | 20.60 | 0.08 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 6.0000 | 0.0225 | 18.63 | 0.42 | |
| 0.50 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0207030003 | AFIRMADO PREPARADO PARA BASE | m3 | | 1.3000 | 56.00 | 72.80 | |
| 72.80 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.50 | 0.02 | |
| 03011000060004 | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 Ton | hm | 1.0000 | 0.0038 | 190.00 | 0.72 | |
| 03012000010004 | MOTONIVELADORA 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0038 | 255.00 | 0.97 | |
| 03012200050001 | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0038 | 314.87 | 1.20 | |
| 2.91 | | | | | | | |
| Período | 02.02.03.02 | BARRIDO Y LIMPIEZA PARA IMPRIMACION ASFALTICA | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 300.0000 | EQ. 300.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 0.60 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 0.1000 | 0.0027 | 26.19 | 0.07 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0267 | 18.63 | 0.50 | |
| 0.57 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.57 | 0.03 | |
| 0.03 | | | | | | | |
| Período | 02.02.03.03 | IMPRIMACION ASFALTICA | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 4,000.0000 | EQ. 4,000.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 5.42 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0020 | 20.60 | 0.04 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0040 | 18.63 | 0.07 | |
| 0.11 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | | 0.1540 | 28.50 | 4.39 | |
| 4.39 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.11 | 0.03 | |
| 03011800010004 | TRACTOR DE TIRO MF 265 63 HP | hm | 1.0000 | 0.0020 | 126.65 | 0.25 | |
| 03012200080002 | CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl | hm | 1.0000 | 0.0020 | 257.16 | 0.51 | |
| 03013900050001 | BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG. | hm | 1.0000 | 0.0020 | 79.16 | 0.16 | |
| 0.92 | | | | | | | |

ANEXO 7.4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PAVIMENTO RÍGIDO

310

Página : 1

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 |
|--------------------|---|--|---------------------|-----------------|--------------------|---|------------------|
| Subpresupuesto | 002 PAVIMENTO RIGIDO | | | | | | |
| Partida | 01.01.01.01 | ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 100.0000 | EQ. 100.0000 | | | Costo unitario directo por : glb | 4,500.00 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Subcontratos | | | | | | |
| 04230600010003 | SC ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA | glb | | 1.0000 | 4,500.00 | 4,500.00 | 4,500.00 |
| Partida | 01.01.01.02 | SERVICIO HIGIENICO PROVISIONAL | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | | | Costo unitario directo por : glb | 1,850.00 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Subcontratos | | | | | | |
| 0410010015 | SC DE ALQUILER DE 55.HH. PORTATILES EN OBRA | glb | | 1.0000 | 1,850.00 | 1,850.00 | 1,850.00 |
| Partida | 01.01.01.03 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M | | | | | |
| Rendimiento | und/DIA | MO. 2.0000 | EQ. 2.0000 | | | Costo unitario directo por : und | 1,572.85 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 8.0000 | 26.19 | 209.52 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 4.0000 | 20.60 | 82.40 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 8.0000 | 18.63 | 149.04 | 440.96 |
| | Materiales | | | | | | |
| 02041200020007 | CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4" | kg | | 0.9100 | 4.92 | 4.48 | |
| 0207030001 | HORMIGON | m3 | | 0.3600 | 55.00 | 19.80 | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.9000 | 24.58 | 22.12 | |
| 02180200010005 | PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE G-2 6" X 1/2" | kg | | 9.0000 | 3.70 | 33.30 | |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 93.6200 | 7.36 | 689.04 | |
| 02901700010019 | GIGANTOGRAFIA | m2 | | 25.9200 | 13.50 | 349.92 | 1,118.66 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 440.96 | 13.23 | 13.23 |
| Partida | 01.01.02.01 | AGUA Y ENERGIA ELECTRICA PARA LA CONSTRUCCION | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | | | Costo unitario directo por : glb | 4,000.00 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0290220009 | SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA PROVISIONAL | glb | | 1.0000 | 1,500.00 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301220010 | CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2500 GAL | glb | | 1.0000 | 2,500.00 | 2,500.00 | 2,500.00 |
| Partida | 01.01.03.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 4.0000 | EQ. 4.0000 | | | Costo unitario directo por : glb | 10,500.00 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Subcontratos | | | | | | |
| 0410010016 | SC DE MOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIA | glb | | 1.0000 | 10,500.00 | 10,500.00 | 10,500.00 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | |
|---------------------|---|---|-------------|----------------------------------|-------------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | | |
| Partida | 01.02.01.01 | EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 16.0000 | EQ. 16.0000 | Costo unitario directo por : glb | | 445.55 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0203020002 | FLETE | kg | | 400.0000 | 0.20 | 80.00 | |
| 02670100010006 | CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS | und | | 0.3300 | 28.00 | 9.24 | |
| 02670100010007 | CASCO TIPO JOCKEY AMARILLO | und | | 0.6700 | 13.90 | 9.31 | |
| 0267020002 | LENTES DE POLICARBONATO LUNA OSCURA | und | | 1.0000 | 13.00 | 13.00 | |
| 0267050001 | GUANTES DE CUERO | par | | 1.0000 | 115.00 | 115.00 | |
| 0267050006 | GUANTES DE JEBE | par | | 1.0000 | 29.00 | 29.00 | |
| 02670600120002 | POLO MANGA LARGA | und | | 1.0000 | 45.00 | 45.00 | |
| 0267070001 | BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO | par | | 1.0000 | 95.00 | 95.00 | |
| 0267070005 | BOTAS DE CAUCHO | par | | 1.0000 | 50.00 | 50.00 | |
| | | | | | | 445.55 | |
| Partida | 01.02.01.02 | SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb | | 978.35 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 0.1000 | 0.8000 | 20.60 | 16.48 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 0.1250 | 1.0000 | 18.63 | 18.63 | |
| | | | | | | 35.11 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0241050002 | CINTA SEÑALIZADORA COLOR AMARILLO | rl | | 8.0000 | 44.83 | 358.64 | |
| 0267110002 | CONO DE SEÑALIZACION NARANJA DE 28" DE ALTURA | und | | 4.0000 | 25.90 | 103.60 | |
| 0267110014 | TRANQUERAS | und | | 5.0000 | 45.00 | 225.00 | |
| 0267110016 | SEÑALIZACION | und | | 8.0000 | 32.00 | 256.00 | |
| | | | | | | 943.24 | |
| Partida | 01.02.01.03 | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb | | 2,500.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02760200510002 | SERVICIO DE CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | | 1.0000 | 2,500.00 | 2,500.00 | |
| | | | | | | 2,500.00 | |
| Partida | 01.02.02.01 | RECURSO PARA RESPUESTAS ANTE EMEJERCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | | | | | |
| Rendimiento | glb/DIA | MO. | EQ. | Costo unitario directo por : glb | | 2,095.10 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0267100001 | EXTINTOR DE POLVO QUIMICO SECO (PQS) | und | | 4.0000 | 86.36 | 345.44 | |
| 0267100012 | BOTIQUIN 30X30CM EQUIPADO | und | | 3.0000 | 43.22 | 129.66 | |
| | | | | | | 475.10 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301470002 | HERRAMIENTAS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA | glb | | 2.0000 | 810.00 | 1,620.00 | |
| | | | | | | 1,620.00 | |
| Partida | 02.01.01.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 1.2000 | EQ. 1.2000 | Costo unitario directo por : m2 | | 2,261.12 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 0.4000 | 2.6667 | 26.19 | 69.84 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 4.0000 | 26.6667 | 18.63 | 496.80 | |
| | | | | | | 566.64 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 566.64 | 17.00 | |
| 03011800020004 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 6.6667 | 251.62 | 1,677.48 | |
| | | | | | | 1,694.48 | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | |
|----------------|--|---|--------------|---------------------------------|-------------|--------------|------------|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | | 20/08/2024 |
| Partida | 02.01.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 500.0000 | EQ. 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 3.85 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0160 | 20.60 | 0.33 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 3.0000 | 0.0480 | 18.63 | 0.89 | |
| 0101030000 | TOPOGRAFO | hh | 1.0000 | 0.0160 | 27.08 | 0.43 | |
| | | | | | | | 1.65 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0204030001 | ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 | kg | | 0.6000 | 2.49 | 1.49 | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.0020 | 24.58 | 0.05 | |
| 0213040004 | TIZA | bol | | 0.1000 | 2.12 | 0.21 | |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 0.0200 | 7.36 | 0.15 | |
| | | | | | | | 1.90 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301000020 | ESTACION TOTAL | hm | 1.0000 | 0.0160 | 15.88 | 0.25 | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.65 | 0.05 | |
| | | | | | | | 0.30 |
| Partida | 02.01.02.01 | EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 18.0000 | EQ. 18.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 52.07 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.4444 | 20.60 | 9.15 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 5.0000 | 2.2222 | 18.63 | 41.40 | |
| | | | | | | | 50.55 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 50.55 | 1.52 | |
| | | | | | | | 1.52 |
| Partida | 02.01.02.02 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 320.0000 | EQ. 320.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 66.99 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0250 | 20.60 | 0.52 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0500 | 18.63 | 0.93 | |
| | | | | | | | 1.45 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.45 | 0.04 | |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 6.0000 | 0.1500 | 394.66 | 59.20 | |
| 03012200040001 | CAMION VOLQUETE DE 15 m3 | hm | 1.0000 | 0.0250 | 251.92 | 6.30 | |
| | | | | | | | 65.54 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 |
|----------------|-------------------------------------|---|--------------|---------------------------------|-------------------|--------------|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | |
| Partida | 02.01.03.01 | CONCRETO DE CUNETAS F'c=210 KG/CM2 | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 20.0000 | EQ. 20.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 406.67 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.8000 | 26.19 | 20.95 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.8000 | 20.60 | 16.48 |
| 0101010005 | PEON | hh | 8.0000 | 3.2000 | 18.63 | 59.62 |
| | | | | | | 97.05 |
| | Materiales | | | | | |
| 0201030001 | GASOLINA | gal | | 0.2500 | 16.00 | 4.00 |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.5500 | 80.00 | 44.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5400 | 80.00 | 43.20 |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.1750 | 20.00 | 3.50 |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 8.4300 | 24.58 | 207.21 |
| | | | | | | 301.91 |
| | Equipos | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 97.05 | 2.91 |
| 03012900010003 | VIBRADOR A GASOLINA | hm | 1.0000 | 0.4000 | 4.50 | 1.80 |
| 0301290003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.4000 | 7.50 | 3.00 |
| | | | | | | 7.71 |
| Partida | 02.01.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 14.0000 | EQ. 14.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 82.90 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.5714 | 26.19 | 14.96 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.5714 | 20.60 | 11.77 |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 1.1429 | 18.63 | 21.29 |
| | | | | | | 48.02 |
| | Materiales | | | | | |
| 02040100010001 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8 | kg | | 0.2000 | 3.81 | 0.76 |
| 02041200010005 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | | 0.2000 | 3.81 | 0.76 |
| 0222140001 | DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO | gal | | 0.0700 | 60.00 | 4.20 |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 1.8100 | 7.36 | 13.32 |
| 02310500010005 | TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 18 mm | und | | 0.1200 | 120.00 | 14.40 |
| | | | | | | 33.44 |
| | Equipos | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 48.02 | 1.44 |
| | | | | | | 1.44 |
| Partida | 02.02.01.01 | LIMPIEZA DEL TERRENO | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 250.0000 | EQ. 250.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 0.62 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0320 | 18.63 | 0.60 |
| | | | | | | 0.60 |
| | Equipos | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.60 | 0.02 |
| | | | | | | 0.02 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | | |
|---------------------|---|---|----------------|---------------------------------|-------------|--------------|-------|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | | |
| Partida | 02.02.01.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 600.0000 | EQ. 600.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 69.46 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0267 | 18.63 | 0.50 | |
| 01010300030003 | AYUDANTE DE TOPOGRAFIA | hh | 2.0000 | 0.0267 | 21.10 | 0.56 | |
| 1.06 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02040300010043 | ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 DE 3/8" X 9 m | kg | | 10.0000 | 3.25 | 32.50 | |
| 02130300010001 | YESO BOLSA 28 kg | bol | | 2.0000 | 6.50 | 13.00 | |
| 0240020016 | PINTURA ESMALTE SINTETICO | gal | | 0.5000 | 45.00 | 22.50 | |
| 68.00 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 03010000020001 | NIVEL | hm | 1.0000 | 0.0133 | 9.31 | 0.12 | |
| 0301000011 | TEODOLITO | hm | 1.0000 | 0.0133 | 11.73 | 0.16 | |
| 0301000021 | MIRAS Y JALONES | hm | 4.0000 | 0.0533 | 1.77 | 0.09 | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.06 | 0.03 | |
| 0.40 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.01 | CORTE SUPERFICIAL DE TERRENO | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 350.0000 | EQ. 350.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 6.82 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0229 | 26.19 | 0.60 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0229 | 18.63 | 0.43 | |
| 1.03 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.03 | 0.03 | |
| 03011800020004 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 0.0229 | 251.62 | 5.76 | |
| 5.79 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.02 | COMPACTADO Y CONFORMACION DE SUBRASANTE | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 1,500.0000 | EQ. 1,500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 6.40 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 3.0000 | 0.0160 | 26.19 | 0.42 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 4.0000 | 0.0213 | 18.63 | 0.40 | |
| 0.82 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0213020001 | CAL | kg | | 0.2500 | 1.85 | 0.46 | |
| 0290130022 | AGUA | m3 | | 0.1200 | 9.50 | 1.14 | |
| 1.60 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.82 | 0.02 | |
| 0301100006 | RODILLO LISO VIBRATORIO | hm | 1.0000 | 0.0053 | 217.45 | 1.15 | |
| 0301200001 | MOTONIVELADORA | hm | 1.0000 | 0.0053 | 214.80 | 1.14 | |
| 03012200050001 | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0053 | 314.87 | 1.67 | |
| 3.98 | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02.03 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 320.0000 | EQ. 320.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 66.99 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$f. | Parcial \$f. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0250 | 20.60 | 0.52 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 2.0000 | 0.0500 | 18.63 | 0.93 | |
| 1.45 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.45 | 0.04 | |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 6.0000 | 0.1500 | 394.66 | 59.20 | |
| 03012200040001 | CAMION VOLQUETE DE 15 m3 | hm | 1.0000 | 0.0250 | 251.92 | 6.30 | |
| 65.54 | | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | | | |
|----------------|---|---|----------------|-----------|----------|---------------------------------|--------------|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 |
| Partida | 02.02.03.01 | BASE GRANULAR E=0.15M | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 2,340.0000 | EQ. 2,340.0000 | | | Costo unitario directo por : m3 | 75.85 |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0034 | 20.60 | 0.07 |
| 0101010005 | PEON | | hh | 6.0000 | 0.0205 | 18.63 | 0.38 |
| | | | | | | | 0.45 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0207030003 | AFIRMADO PREPARADO PARA BASE | | m3 | | 1.3000 | 56.00 | 72.80 |
| | | | | | | | 72.80 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 0.45 | 0.01 |
| 03011000060004 | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 Ton | | hm | 1.0000 | 0.0034 | 190.00 | 0.65 |
| 03012000010004 | MOTONIVELADORA 125 HP | | hm | 1.0000 | 0.0034 | 255.00 | 0.87 |
| 03012200050001 | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.) | | hm | 1.0000 | 0.0034 | 314.87 | 1.07 |
| | | | | | | | 2.60 |
| Partida | 02.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 15.0000 | EQ. 15.0000 | | | Costo unitario directo por : m2 | 56.47 |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 1.0000 | 0.5333 | 26.19 | 13.97 |
| 0101010005 | PEON | | hh | 3.0000 | 1.6000 | 18.63 | 29.81 |
| | | | | | | | 43.78 |
| | Materiales | | | | | | |
| 02040100010001 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8 | | kg | | 0.0800 | 3.81 | 0.30 |
| 02041200010009 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4" | | kg | | 0.0060 | 6.38 | 0.04 |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | | p2 | | 1.5000 | 7.36 | 11.04 |
| | | | | | | | 11.38 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 43.78 | 1.31 |
| | | | | | | | 1.31 |
| Partida | 02.02.03.03 | CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO F'c=280 KG/CM2 E=15.50CM | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 12.0000 | EQ. 12.0000 | | | Costo unitario directo por : m3 | 452.50 |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 2.0000 | 1.3333 | 26.19 | 34.92 |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.6667 | 20.60 | 13.73 |
| 0101010005 | PEON | | hh | 6.0000 | 4.0000 | 18.63 | 74.52 |
| | | | | | | | 123.17 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0219010012 | SC CONCRETO PREMEZCLADO F'c=280 KG/CM2, INCL TRANSPORTE | | m3 | | 1.0000 | 300.12 | 300.12 |
| | | | | | | | 300.12 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 123.17 | 3.70 |
| 03010400010006 | BOMBA DE CONCRETO | | hm | 1.0000 | 0.6667 | 33.76 | 22.51 |
| 03012900010003 | VIBRADOR A GASOLINA | | hm | 1.0000 | 0.6667 | 4.50 | 3.00 |
| | | | | | | | 29.21 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | |
|----------------|-----------------------|---|----------------|----------------------------------|-------------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | | |
| Partida | 02.02.03.04 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO CON AGUA | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 120.0000 | EQ. 120.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 1.99 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 0.2000 | 0.0133 | 26.19 | 0.35 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0667 | 18.63 | 1.24 | |
| | | | | | | 1.59 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0222030001 | ANTISOL NORMALIZADO | kg | | 0.0100 | 24.80 | 0.25 | |
| 0290130022 | AGUA | m3 | | 0.0100 | 9.50 | 0.10 | |
| | | | | | | 0.35 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.59 | 0.05 | |
| | | | | | | 0.05 | |
| Partida | 02.02.03.05 | JUNTAS DE DILATACION E=1" | | | | | |
| Rendimiento | m/DIA | MO. 200.0000 | EQ. 200.0000 | Costo unitario directo por : m | | 4.93 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0400 | 26.19 | 1.05 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0400 | 20.60 | 0.82 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0400 | 18.63 | 0.75 | |
| | | | | | | 2.62 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 02010500010001 | ASFALTO RC-250 | gal | | 0.1330 | 16.80 | 2.23 | |
| | | | | | | 2.23 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 2.62 | 0.08 | |
| | | | | | | 0.08 | |
| Partida | 02.02.04.01 | FLETE TERRESTRE | | | | | |
| Rendimiento | gib/DIA | MO. 1,000.0000 | EQ. 1,000.0000 | Costo unitario directo por : gib | | 2,150.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0203020003 | FLETE TERRESTRE | gib | | 1.0000 | 2,150.00 | 2,150.00 | |
| | | | | | | 2,150.00 | |
| Partida | 02.02.04.02 | SEÑALIZACION DE VÍAS | | | | | |
| Rendimiento | gib/DIA | MO. 20.0000 | EQ. 20.0000 | Costo unitario directo por : gib | | 15.21 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 0.5000 | 0.2000 | 20.60 | 4.12 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.4000 | 18.63 | 7.45 | |
| | | | | | | 11.57 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0240020017 | PINTURA DE TRAFICO | gal | | 0.1000 | 32.00 | 3.20 | |
| 0240080017 | DISOLVENTE XILOL | gal | | 0.0300 | 3.00 | 0.09 | |
| | | | | | | 3.29 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 11.57 | 0.35 | |
| | | | | | | 0.35 | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0201011 | Diseño de pavimento para la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, La Libertad | | | Fecha presupuesto | 20/08/2024 | |
|----------------|-----------------------|---|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 002 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | | |
| Partida | 02.02.04.03 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 40.0000 | EQ. 40.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 4.46 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 0.1000 | 0.0200 | 26.19 | 0.52 | |
| 0101010005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.2000 | 18.63 | 3.73 | |
| | | | | | | 4.25 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 4.25 | 0.21 | |
| | | | | | | 0.21 | |

Plano de Ubicación

Plano de Ubicación de Calicatas

Plano - Perfil Longitudinal

Plano – Secciones Transversales

Plano - Situación Actual de la Carretera