

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



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del
Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo**

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes
Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Chávez Argomedo, Carlos Arturo
Vereao Benites, Larry Giovanni

Jurado Evaluador:

Presidente : Luján Silva, Enrique Francisco
Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucía
Vocal : Rodríguez Ramos, Mamerto

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ
2023

Fecha de sustentación: 2023 / 06 / 08

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



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del
Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo**

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes
Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Chávez Argomedo, Carlos Arturo
Vereao Benites, Larry Giovanni

Jurado Evaluador:

Presidente : Luján Silva, Enrique Francisco
Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucía
Vocal : Rodríguez Ramos, Mamerto

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ
2023

Fecha de sustentación: 2023 / 06 / 08

Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	5%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%



Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Lucio Sigifredo Medina Carbajal, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo”**, de los autores: **Carlos Arturo Chávez Argomedo** y **Larry Giovanni Vereao Benites**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 12%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 30 de mayo del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo 27 de julio de 2023



Chávez Argomedo Carlos Arturo
DNI: 73100260



Vereao Benites Larry Giovanni
DNI: 70279849



Medina Carbajal Lucio Sigifredo
DNI: 40534510

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

DEDICATORIA

A mis padres: Alfredo Chávez Alva y Miriam Argomedo Mariños por todo su amor, dedicación y apoyo. A mis hermanos: Cristian Chávez Argomedo y Camila Chávez Argomedo por ser mi fuerza y refugio en todo momento.

Carlos Arturo Chávez Argomedo

A mis padres Gladis Benites y Mario Vereao que han sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me han ayudado a seguir adelante, a mi hermana Natalit y familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de mi carrera universitaria.

Larry Giovanni Vereao Benites

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi roca y espíritu que me guía a tierra de rectitud, a mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento a mis hermanos, mis tíos y toda mi familia en general que me han ayudado con sus consejos y de manera especial al ingeniero Medina Carbajal, Lucio por su apoyo, aporte y colaboración para la culminación del presente trabajo de investigación.

Carlos Arturo Chávez Argomedo

En principal agradezco a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante, a mi familia por su comprensión, estímulo constante y apoyo condicional a lo largo de mis estudios y por último a mi asesor al Ing. Medina Carbajal Lucio Sigifredo quien nos apoyó y asesoró nuestra tesis para así poder hacer realidad la culminación de este proyecto de investigación.

Larry Giovanni Vereao Benites

RESUMEN

La investigación tuvo como principal objetivo evaluar la utilización de la geomalla como refuerzo del diseño estructural pavimento flexible aplicado en la av. Pucará, en la ciudad de Trujillo. El método para realizar la investigación fue primero diseñar los espesores de capas del pavimento flexible sin refuerzo mediante la metodología AASHTO 93 que requiere de un estudio de una sucesión de parámetros lo cual los más importantes son el diseño de tráfico (ESAL) y la obtención del módulo de resiliencia, que a su vez es calculada a través del CBR que se obtuvo mediante ensayo de laboratorio de Mecánica de Suelos. Así mismo, se hizo una comparación de costos con dos tipos de geomallas biaxiales, dando como resultado un ahorro significativo para ambos casos y gracias a sus propiedades podemos asegurar el tiempo de vida útil del pavimento flexible. Se ha decidido que, para un mejor estudio, se realizó 3 calicatas a una profundidad de 1.20 m, 1.30 m y 1.50 m. La técnica usada para la investigación es de tipo experimental. Además, tiene un enfoque cuantitativo y por la orientación o finalidad es una investigación básica.

Palabras Claves.

Diseño de pavimento, geomalla biaxial, metrados, costos y estudio de suelos.

ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate the use of geogrid as reinforcement for the structural design of the flexible pavement applied on Pucará Avenue in the city of Trujillo. The method to carry out the research was first to design the layer thicknesses of the flexible pavement without reinforcement using the AASHTO 93 methodology, which requires a study of a succession of parameters, the most important of which are the traffic design (ESAL) and obtaining the resilience modulus, which in turn is calculated through the CBR obtained by means of a Soil Mechanics laboratory test. Likewise, a cost comparison was made with two types of biaxial geogrids, resulting in significant savings for both cases and thanks to their properties we can ensure the service life of the flexible pavement. It has been decided that, for a better study, 3 test pits at a depth of 1.20 m, 1.30 m and 1.50 m were made. The technique used for the investigation is experimental. In addition, it has a quantitative approach and due to its orientation or purpose, it is a basic research.

Key words.

Pavement design, biaxial geogrid, metrics, costs and soil survey

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos y reglamento de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible en la Av. Pucará – Trujillo” con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen, excusándonos de antemano de los posibles errores involuntarios cometidos en el desarrollo del mismo.

Tesistas:

Br. Carlos Arturo Chávez Argomedo

Br. Larry Giovanni Vereao Benites

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN:	1
1.1. Realidad Problemática:	1
1.2. Problema de investigación:	3
1.2.1. Problema General:.....	3
1.3. Objetivos:	3
1.3.1. Objetivo General:.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos:	3
1.4. Justificación del estudio:	4
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Antecedentes del estudio:	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales:.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales:	5
2.1.3. Antecedentes Locales:	7
2.2. Marco Teórico:	8
2.2.1. Pavimentos:.....	8
2.2.2. Geosintéticos:.....	12
2.2.3. Pavimentos Reforzados con Geomallas:	17
2.2.4. Ventajas del uso de la Geomalla:	18
2.2.5. Impactos en la utilización de las Geomallas:	19
2.2.6. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.):.....	19
2.2.7. Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO:	20
2.2.8. California Bearing Ratio (C.B.R.):.....	21
2.2.9. Diseño Estructural del Pavimento (Método AASTHO93):.....	22
2.3. Marco Conceptual:	29
2.4. Sistema de Hipótesis:	31
2.4.1. Hipótesis General:	31
2.4.3. Variables:.....	31
III. METODOLOGÍA EMPLEADA:	33
3.1. Tipo y nivel de investigación:	33

3.2. Población y muestra de estudio:	33
3.2.1. Población:	33
3.2.2. Muestra:	33
3.3. Diseño de investigación:	34
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación:	34
3.4.1. Recolección de datos e Información:	34
3.4.2. Técnicas e Instrumentos para recolectar datos:	34
3.5. Procesamiento y análisis de datos:	34
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:	35
4.1. Análisis e interpretación de resultados:	35
4.1.1. Primer Objetivo:	35
4.1.2. Segundo Objetivo:	43
4.1.3. Tercer Objetivo:	66
4.1.4. Cuarto Objetivo:	66
V. <i>Discusión de resultados:</i>	69
<i>Conclusiones:</i>	73
<i>Recomendaciones:</i>	74
<i>Referencias Bibliográficas:</i>	75
<i>Anexos:</i>	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Valores penetración – esfuerzo	21
Tabla N° 2: Periodo de Análisis	22
Tabla N° 3: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño.....	23
Tabla N° 4: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexible y Semirrígidos.	23
Tabla N° 5: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño	24
Tabla N° 6: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años), según rango de Tráfico.	24
Tabla N° 7: Factores de Desviación Estándar Normal (Zr).....	25
Tabla N° 8: Serviciabilidad inicial (Pi)	26
Tabla N° 9: Serviciabilidad final (Pt) por el tipo de vía.....	27
Tabla N° 10: “Valores recomendados de coeficiente de drenaje”.....	28
Tabla N° 11: Variable Independiente	32
Tabla N° 12: Variable Dependiente.....	33
Tabla N° 13: Técnicas e Instrumentos para recolectar datos.....	34
Tabla N° 14: TPDS de vehículos ligeros	35
Tabla N° 15: TPDS de vehículos pesados.....	36
Tabla N° 16: TPDS total.....	36
Tabla N° 17: FEC para vehículos ligeros	39
Tabla N° 18: FEC para vehículos pesados simples:.....	39
Tabla N° 19: FEC para vehículos pesados compuestos	41
Tabla N° 20: Datos para población futura	42
Tabla N° 21: Población Futura Vehículos Ligeros	42

Tabla N° 22: Población Futura Vehículos Pesados	42
Tabla N° 23: Cálculo f. IMDA FLEXBLE.....	42
Tabla N° 24: Cálculo de ESAL.....	43
Tabla N° 25: Datos del material.....	44
Tabla N° 26: Pesos retenidos en los matices.....	44
Tabla N° 27: Datos de molde para calicata 1	47
Tabla N° 28: Calculo de Humedad promedio y Peso específico seco para calicata 1	47
Tabla N° 29: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 1.....	48
Tabla N° 30: Datos de molde para calicata 2	48
Tabla N° 31: Calculo de Humedad promedio y Peso específico seco para calicata 2.....	48
Tabla N° 32: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 2.....	49
Tabla N° 33: Datos de molde para calicata 3.....	50
Tabla N° 34: Calculo de Humedad promedio y Peso específico seco para calicata 3.....	50
Tabla N° 35: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 2.....	51
Tabla N° 36: Datos de compactación para calicata 1	51
Tabla N° 37: Datos de expansión para calicata 1.....	52
Tabla N° 38: Datos de penetración para calicata 1	52
Tabla N° 39: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2".....	53
Tabla N° 40: Datos de compactación para calicata 2	55
Tabla N° 41: Datos de expansión para calicata 2.....	55
Tabla N° 42: Datos de penetración para calicata 2.....	56
Tabla N° 43: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2".....	57
Tabla N° 44: Datos de compactación para calicata 3	58

Tabla N° 45: Datos de expansión para calicata 3.....	59
Tabla N° 46: Datos de penetración para calicata 3.....	59
Tabla N° 47: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2".....	60
Tabla N° 48: Resumen de C.B.R.....	62
Tabla N° 49: Datos de coef. estructurales de las capas.....	64
Tabla N° 50: Resumen de espesores con geomallas.....	66
Tabla N° 51: Resumen de presupuestos sin y con refuerzos.....	69
Tabla N° 52: Resumen de resultados CBR tramo en estudio	70
Tabla N° 53: Comparación de resultados	72

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

Fotografía N° 01: Vista de Av. Pucará – Trujillo.....	3
Figura N° 01: Pavimento flexible - Morales Rosales, 2007	11
Figura N° 02: Estructura general de un pavimento flexible – Hinostroza, 2018 ..	11
Figura N° 3: Geomalla Uniaxial	13
Figura N° 4: Geomalla Biaxial	14
Figura N° 5: Geomalla Triaxial	14
Figura N° 6: Confinamiento lateral - Caballeros (2006).....	15
Figura N° 7: Mejoramiento de capacidad de soporte - Caballeros (2006)	16
Figura N° 8: Membrana tensionada - Caballeros (2006).....	16
Figura N° 9: Geomalla triaxial para la estabilización de la subrasante – Kari, Olortegui, Jhonatan, 2019	18
Gráfica N° 1: TPDS	36
Gráfica N° 2: Curva Granulométrica:.....	46
Gráfico N° 3: Curva de compactación para calicata 1	48
Gráfico N° 4: Curva de compactación para calicata 2.....	49
Gráfico N° 5: Curva de compactación para calicata 3.....	51
Gráfico N° 6: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS	53
Gráfica N° 7: E.C. = 55 Golpes para calicata 1	53
Gráfica N° 8: E.C. = 26 Golpes para calicata 1	54
Gráfica N° 9: E.C. = 12 Golpes para calicata 1	54
Gráfico N° 10: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS	56
Gráfica N° 11: E.C. = 55 Golpes para calicata 2	57
Gráfica N° 12: E.C. = 26 Golpes para calicata 2	57
Gráfica N° 13: E.C. = 12 Golpes para calicata 2	58
Gráfica N° 14: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS.....	60

Gráfica N° 15: E.C. = 55 Golpes para calicata 3	61
Gráfica N° 16: E.C. = 26 Golpes para calicata 3	61
Gráfica N° 17: E.C. = 12 Golpes para calicata 3	61
Gráfico N° 18: Ilustración de pavimento con espesores calculados.....	64
Fotografía N° 2: Diseño con geomalla MacGRID EG 20S	65
Fotografía N° 3: Diseño con geomalla MacGRID EG 30S	66
Figura N° 10: Presupuesto sin refuerzo	67
Figura N° 11: Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 20S	68
Figura N° 12: Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 30S	68
Gráfico N° 19: Comparativa de Presupuestos sin y con refuerzos.....	69

I. INTRODUCCIÓN:

1.1. Realidad Problemática:

Los pavimentos son sometidos a grandes cargas dinámicas debido al tránsito de vehículos, estas cargas provocan la aparición de grietas, que, junto con el agua, aceleran el proceso de daño en la estructura del pavimento flexible, la presencia de las grietas interrumpe la circulación de las fuerzas transversales inducidas por el movimiento del tráfico, disminuyendo las propiedades mecánicas de las capas que la conforman.

Las constructoras en los países desarrollados sufren enormes problemas por la escasa programación en las obras viales en razón a que los trabajos de los sistemas de pavimentos, no se evalúan a tiempo el aumento urbano de la ciudad y esta carga genera enormes malformaciones físicas ocasionando deformaciones en los pavimentos.

En los países de América Latina, las empresas que se dedican a la construcción de obras viales que trabajan con rumbo hacia los sistemas de pavimentos, el origen de la problemática está afectada por factores como: durabilidad, exiguo rendimiento de la capa de áridos, la solidez, simplificación de la obra de construcción, requerimientos de materiales, exiguo rendimiento de la capa de sub-rasante, costos, comprobación de tiempos y la durabilidad. La estructura se deteriora gradualmente bajo la influencia del constante tráfico de transporte, pero especialmente del tráfico de transporte pesado, lluvias y los cambios de temperatura.

En el Perú, se han presentado un exceso de fallas al pavimento flexible y hasta la actualidad se presentan en diferentes lugares del país la cual se puede especificar que es uno de los casos más frecuentes que se presenta en el pavimento flexible que poco a poco afectan la durabilidad presentando una variedad de fallas la cual es uno de los principales problemas que se debe disminuir y las mayores observaciones en el diseño de pavimentos flexibles expuestas a ambientes agresivos que varían sus propiedades de acuerdo a la localidad o departamento en donde se encuentran estas construcciones.

A nivel nacional, una de las principales opciones del deterioro del pavimento flexible se debe a que en el proceso constructivo no se cumple con lo establecido en el diseño obtenido previamente mediante la metodología AASHTO. Es decir, no se cumple los parámetros de cada espesor de capa y de esta manera el pavimento flexible no cumple con su tiempo de vida útil.

La geomalla es el geosintético de refuerzo. Su aplicación en carreteras tiene impactos positivos en lo económico, técnico y ambiental. Con la aplicación de esta tecnología se busca cumplir con el tiempo de vida útil del pavimento debido a los beneficios que este aporta al pavimento.

En varios países como el Perú, su utilización está exclusivo por la ausencia de norma que impide su uso masivo y no accede el ahorro en términos de tiempo, dinero e impacto ambiental.

“En la actualidad el desgaste de los pavimentos en la ciudad de Trujillo se debe a distintas causas ocasionados por la naturaleza como pueden ser: cambios climáticos (lluvias), movimientos sísmicos; o por nosotros mismos ya sea: El mal uso de los materiales al momento de pavimentar o la falta de control de calidad, el tránsito inadecuado de vehículos pesados y el desconocimiento al regar nuestros jardines vertimos agua al pavimento causando daños, ya que, el asfalto es enemigo del agua.” (Gamboa, 2013)

En efecto, el transporte vehicular y el peatón originan un lío en el tránsito y molestia en el pasajero por alcanzar a tiempo a su centro de trabajo. Además, este contexto problemático genera un aumento de accidentes en nuestra ciudad.

En reales campos dinamitados que requieren una osada habilidad al frente del volante, se han transformado las principales calles y avenidas de Trujillo. El desperfecto del pavimento resulta desastroso y viene causando el comprendido malestar de los transportistas y dueños de autos particulares que a diario tienen que eludir los huecos y baches que representan un imperioso peligro para sus unidades. La molestia también es para los pasajeros que hacen uso de los vehículos de transporte público para llegar a sus centros de trabajo, estudios y hogares.

En este sentido, a medida de los años se ha visto un incremento considerable de vehículos que dañan la estabilidad del pavimento flexible y se crea la

necesidad de reforzarla estructuralmente, para optimizar la calidad en la construcción de la Av. Pucará, distrito Florencia de Mora – Trujillo.

Actualmente la Av. Pucará se encuentra en un deplorable estado debido a la gran demanda de todos tipos de vehículos, debido a que se encuentra en una zona comercial.



Fotografía N° 01: Vista de Av. Pucará – Trujillo.

1.2. Problema de investigación:

1.2.1. Problema General:

¿Cuál es el diseño estructural del pavimento flexible utilizando la geomalla en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General:

Determinar el diseño estructural del pavimento flexible utilizando la geomalla biaxial en la avenida Pucará en la ciudad de Trujillo.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la carga vehicular del pavimento flexible en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos para determinar el índice de resistencia C.B.R. en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.
- Determinar el paquete estructural del pavimento flexible considerando el uso de la geomalla en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

- Elaborar el presupuesto del pavimento flexible considerando el uso de la geomalla en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

1.4. Justificación del estudio:

Se justifica la presente investigación porque se busca proponer una geomalla en el diseño estructural del pavimento flexible, cuyo soporte de los espesores del pavimento (sub-rasante, base y subbase) para mejorar la condición en la elaboración del pavimento flexible y optimizar el ejercicio de la estructura. Las geomallas presentan cualidades físico – mecánicas tremendamente útiles que son duraderas. Además, son diseñados por distintas clases de polímeros que llegan a hacer más económicos y de accesible utilización, no necesitando mano de obra calificada para su colocación en la elaboración de pavimentos. Además, en el Perú no existe una norma técnica para la aplicación masiva de esta tecnología, por lo tanto, lo que se busca con esta investigación es considerar la creación de dicha tecnología para la problemática de los pavimentos en el país.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio:

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

1) Jordan y Suarez (2017) “DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOSINTÉTICOS COMO REFUERZO APLICADO EN LAS VÍAS DE ACCESO A LA CIUDADELA LA MILINA DEL CANTÓN SALINAS” en la Universidad Estatal Península De Santa Elena, concluyeron:

- Se determinó que el suelo de la Ciudadela de La Milina tiene una capacidad portante muy baja presentando un C.B.R menores al 3%.
- Para el diseño del pavimento se utilizó un refuerzo a nivel de sub-rasante la Geomalla TIPO A P-BX11 (20kN/m); la cual está genero una mejora significativa de la capacidad portante del suelo blando, y a la ves dio una mejor resistencia a las capas de nuestro pavimento y además de que permitió reducir el espesor de estas.

El material utilizado cumple con las especificaciones técnicas para carreteras y puentes del MTOP y norma ASTM.

- Se realizó una comparación entre diseño de la estructura de un pavimento tradicional sin reforzar y con refuerzo, lo que nos permitió reducir los espesores de materiales a un orden del 24 % y por consiguiente es una alternativa más viable y económica de diseño de la estructura del pavimento.

2) Arévalo (2016) “UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAxIAL EN DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA PEDRO CARBO – LA ESTACADA” en la Universidad de Guayaquil, concluyó:

- Se revisó los datos del “Diseño de pavimento flexible en la carretera Pedro Carbo – La Estacada”, se corroboró el número estructural original ($SN = 4.43$) y se excluyó los coeficientes de la capa ($a_3 = 0.11$) y drenaje ($m_3 = 1.05$), para adecuarlos en el presente trabajo.
- Se obtuvo las alturas de la capa reforzada de base ($D'_3 = 74$ cm) y subbase, se relacionó con la ecuación de dos incógnitas y se redujo la altura de la capa de base y se obtuvo una disminución de altura de capa de subbase.
- Al equiparar los resultados hallados, se demostró que el costo del pavimento es casi igual que si se usará (S/. 434,897.40) o no la geomalla (S/. 435,274.80), ya que al usar esta, se reduce las alturas de las capas del pavimento con el valor adicionado del aumento de las características mecánicas, que repercuten en función y durabilidad de la vía.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

1) Hinostroza (2018) “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOMALLAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO” en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, concluyó:

- La geomalla aporta distintos mecanismos según su ubicación, para esta investigación se consideró entre la capa base y capa subbase, donde muestra que la geomalla incrementa el

confinamiento que le permite resistir el movimiento lateral y brindan un mejor desempeño a largo plazo previniendo el esparcimiento del material de la base o la subbase, donde al mejorar la distribución de esfuerzos generados por el tráfico originará el incremento de la vida útil del pavimento flexible ($ESALS_{\text{Reforzado}}$). Asimismo, se ha observado que, si posee un doble refuerzo, se tendrá una menor deformación vertical.

- Si bien la función principal de la geomalla es reforzar, este también cumple con la función de separación tal como lo indicia Koerner (2012), esta separación evita la contaminación de materiales granulares (base) y finos (subrasante) que puede modificar los CBR de los materiales que conforma la estructura del pavimento, dicha contaminación disminuiría la capacidad de soporte del pavimento.

2) Gabriel (2017) “APLICACIÓN DE LA GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS BLANDOS EN LA AVENIDA TRAPICHE CHILLÓN, CARABAYLLO – 2017” en la Universidad César Vallejo - Lima”, concluyó:

- La geomalla triaxial manifestó ser un remedio práctico y económico en la consolidación de suelos de baja capacidad portante.
- La utilización de la geomalla permitió el equilibrio del suelo blando. El transcurso de concertar o combinar el suelo granular con la geomalla, obteniendo una porción compuesta, accedió optimar las propiedades mecánicas del suelo granular y esto se vio evidenciando en la disminución de la altura del pavimento. Mientras que, el uso de la geomalla triaxial, como refuerzo, accedió comprimir la altura del pavimento flexible a 27.5 cm, constituido por una carpeta asfáltica de 10 cm y una base granular de 17.5 cm. Esta disminución de altura representó una disminución de un 45% en la altura total del pavimento. Esto plasma la enorme eficiencia de examinar a la geomalla como un material de refuerzo, con el propósito de aumentar el desempeño del pavimento flexible.

- Con la utilización de la geomalla triaxial se mejorará la resistencia mecánica que propone la base granular, por lo tanto, la utilización de la geomalla tuvo un dominio directo en la capacidad portante de la base granular y esto se evidenció en el aumento de su coeficiente de aporte estructural. Por lo tanto, se evaluó la influencia de la geomalla triaxial en la base granular, donde aumentó el valor de este coeficiente de aporte estructural en 2.4 (0.12 / 0.05), esto evidencia un aumento de la capacidad de la base granular en más del 140 % de su capacidad original.

2.1.3. Antecedentes Locales:

1) Miranda (2019) “DISEÑO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAxIAL; PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA – ONGON. PROVINCIA DE PATAZ. LA LIBERTAD” en la Universidad Privada Antenor Orrego, concluyó:

- La geomalla produce una frontera que no permite la mezcla de las capas adyacentes de material del pavimento, incrementando su vida útil. Además, consigue disipar de mejor manera los esfuerzos inducidos por las cargas superficiales, distribuyendo el mismo en un área mayor.
- Al comparar entre un pavimento sin refuerzo con uno reforzado y con la utilización de refuerzo se pudo notar una optimización tanto en la base y sub-base y así permitiendo una reducción de costos; se utilizó una geomalla tipo A (LBO 202) y geomalla biaxial tipo B (LBO 302).
- La utilización de la geomalla tipo LBO 202 como soporte del pavimento flexible en el tramo Tayabamba – Ongon. Provincia de Pataz; se obtuvieron como resultados una altura de 0.24 m para la base y 0.17 m para la sub-base respectivamente, es decir, la capa base se redujo un 4% mientras que la capa sub-base se redujo un 43%. Mientras que en el tramo Tayabamba – Ongon. Se utilizó una geomalla biaxial tipo B (30KN) permitiendo la reducción de espesores de 0.23 m para la capa de base y 0.15 m

y sub-base lo que simboliza una disminución de 8 % de la capa base y 50 % de capa sub-base.

- En relación a la observación de costos, se obtuvo que el uso de la geomalla biaxial tipo A (20KN) disminuye el costo de construcción en un 2.31 %, por otro lado, la geomalla biaxial tipo B (30KN) origina una disminución en la construcción de un 3.73%.

2) Sócola (2016) "DISEÑO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN METODOLOGIA DEL AASHTO 93, Y OTRO CON GEOMALLAS BIAXIALES EN EL SECTOR LOS LAURELES DEL DISTRITO DE EL PORVENIR - TRUJILLO - LA LIBERTAD" en la Universidad Privada Antenor Orrego, concluyó:

- Al utilizar la geomalla como refuerzo estructural del pavimento, nos permitió reducir los espesores en 9 cm. menos que el pavimento flexible sin refuerzo, permitiendo un ahorrado total de 322 m³ en los 500 m. de dicho pavimento.
- Al emplear una geomalla como refuerzo estructural nos permite reducir los costos en la partida de movimiento de tierras en S/. 38 815, lo que incluye un ahorro del 27.4 % del costo de la partida.
- Al reducir el tiempo de la elaboración del proyecto, permitirá un mejor cuidado del medio ambiente, ya que se reduciría emisión de CO₂ por la utilización de maquinaria pesada será en un tiempo menor de días.

2.2. Marco Teórico:

2.2.1. Pavimentos:

Se dice pavimento al acumulado de capas de material elegido que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando un plano de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

2.2.1.1. Tipos de Pavimentos:

“La clasificación de pavimentos está sujeta a las limitaciones relativas; sin embargo, históricamente, los pavimentos han sido divididos en dos tipos:” (Valenzuela Rodriguez, 1993)

Pavimento Flexible: Es aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

Pavimento Rígido: Es un pavimento formado por una losa de hormigón de cemento portland que se apoya sobre la base o una capa de sub-base.

2.2.1.2. Pavimento Flexible:

Según Rico Rodriguez & Del Castillo (1984), las características principales son las siguientes:

Resistencia estructural: La primera condición que debe cumplir un pavimento es resistir las cargas de tránsito dentro del rango esperado de deterioro y falla progresiva del diseño. Las cargas de tráfico crean esfuerzos normales y de corte en toda la estructura. Los métodos teóricos para el análisis de la resistencia de los pavimentos son proporcionados por la Mecánica de Suelos, y es bien sabido que la teoría de falla más aceptada en este campo hoy en día es la teoría del esfuerzo cortante; por lo tanto, en el estudio del pavimento flexible desde el punto de vista constructivo, se suele considerar al esfuerzo cortante como la principal causa de daño; por lo tanto, se ha encontrado que la resistencia al corte del suelo es una propiedad esencial. La resistencia de los materiales que componen el revestimiento es importante desde dos aspectos.

1. En relación al contenido de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.
2. En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y el terraplén,

para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir, a su vez al terraplén a niveles convenientes.

Deformabilidad: En cuanto a la deformación, la capacidad de deformación tiende a aumentar significativamente debido a la naturaleza de los materiales que componen la capa de pavimento. En ella, el subsuelo (capa inferior) es más deformable que la capa superior. Desde este punto de vista, la deformabilidad es más importante en capas relativamente profundas, porque las capas superiores pueden tolerar con relativa facilidad el nivel de deformación incluso en capas grandes que actúan sobre ellas. En los pavimentos las deformaciones se tienen 2 puntos de vista:

1. Las imperfecciones excesivas están asociadas a estados de falla.
2. Un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho.

Durabilidad: Las incertidumbres prácticas ligadas a la durabilidad de un pavimento flexible son grandes y difíciles de tratar.

Costo: Como todas las estructuras de ingeniería un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general, y el costo.

Requerimientos de conservación: Respecto a su conservación, los factores climáticos influyen decisivamente en la vida de los pavimentos.

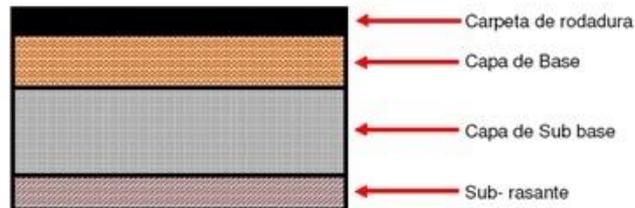
Comodidad: En grandes autopistas y caminos de primer orden, los problemas y métodos del diseño de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto.

2.2.1.3. Estructura Clásica de un Pavimento Flexible:

Según (Rico Rodriguez & Del Castillo, 1984), el sistema con que típicamente se estructuran la mayor parte de los pavimentos

flexibles que se construyen en la actualidad y con el cual se trata de establecer una nomenclatura para discutir el papel que se asigna a cada una de las diversas capas es el que se muestra en la siguiente figura:

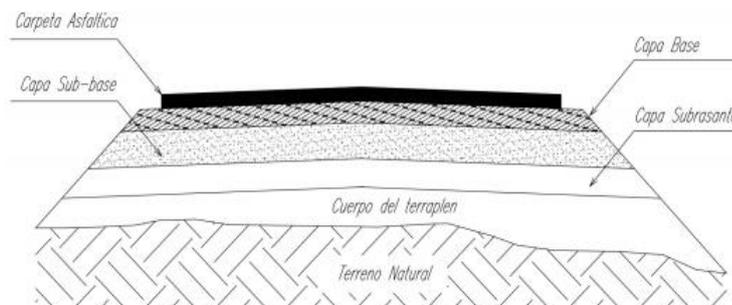
Figura N° 01: Pavimento flexible - Morales Rosales, 2007



2.2.1.4. Estructura del pavimento flexible:

Según (Valenzuela Rodriguez, 1993), “describe la estructura de un pavimento flexible incluyendo aquellas capas que no forman parte del pavimento estrictamente pero que forman parte de la sección de un camino y que trabajan en conjunto con las capas suprayacentes.”

Figura N° 02: Estructura general de un pavimento flexible – Hinostroza, 2018



2.2.1.5. Definición y función de las capas del pavimento flexible:

2.2.1.5.1. Subrasante:

Es el fundamento originario, dispuesto y compactado, en la cual se puede elaborar un pavimento. Es considerada como la cimentación del pavimento.

2.2.1.5.2. Subbase:

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante en un pavimento asfáltico. Su función es la de resistir las cargas de tránsito y transmitir las adecuadamente.

2.2.1.5.3. Base:

Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa superficial y es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de forma adecuada a la subbase y a la subrasante.

2.2.1.5.4. Carpeta Asfáltica:

Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular.

2.2.2. Geosintéticos:

Pueden resumirse como un conjunto de materiales fabricados a partir de la evolución industrial de ciertas sustancias químicas llamadas polímeros.

2.2.2.1. Tipos de Geosintéticos:

Existen muchas variedades de geosintéticos, entre los cuales podemos nombrar los siguientes:

2.2.2.1.1. Geotextiles:

Es un componente textil plano formado por fibras poliméricas (poli-éster, poliamidas o polipropileno).

2.2.2.1.2. Geomallas:

Son geosintéticos para refuerzo con estructura abierta fabricados con polímeros de alta resistencia y durabilidad. Son estructuras bidimensionales hechas de polímeros, y la función principal de la geomalla es el refuerzo. Un material geosintético que consta de conjuntos de nervaduras paralelas entrelazadas con aberturas lo suficientemente

grandes como para acomodar suelo, roca u otro material geotécnico cercano.

2.2.2.2. Tipos de Geomallas:

2.2.2.2.1. Geomalla Uniaxial:

Tienen toda su capacidad en una sola orientación con juntas transversales. Suelen utilizarse como refuerzo básico del suelo, dotándolo de rigidez, permitiendo que el talud objeto se adapte a los ángulos normales de desviación vertical. Actúan a través de dos mecanismos, por un lado, transfieren resistencia al suelo gracias a la presión pasiva de las vigas desde el suelo, y, por otro lado, crean una superficie de fricción entre el suelo y su horizontal, proporcionando un refuerzo eficaz.

Figura 3: Geomalla Uniaxial



2.2.2.2.2. Geomalla Biaxial:

Son de carga en ambas direcciones, aproximadamente perpendiculares entre sí, y se utilizan para refuerzo bajo carga direccional alterna. Fabricados principalmente con resinas de polipropileno seleccionadas, son química y biológicamente inertes, muy resistentes a las etapas de degradación del suelo y resistentes a la degradación, el desgarramiento y la perforación para soportar cargas dinámicas inversas en todas las direcciones del plano.

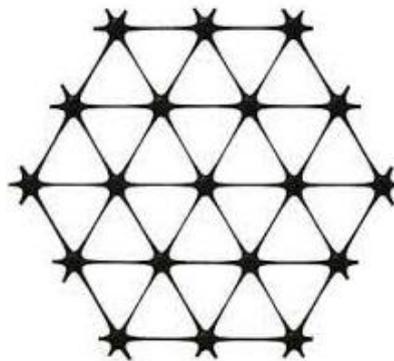
Figura 4: Geomalla Biaxial



2.2.2.2.3. Geomalla Triaxial:

Producen mejores rendimientos estructurales al igual costo. Unen y dan solidez a los materiales de relleno por medio del confinamiento de partículas granulares en los triangulares.

Figura 5: Geomalla Triaxial



2.2.2.3. Mecanismo de Refuerzo de las Geomallas:

“El comportamiento de un pavimento asfáltico bajo la acción de las cargas de tránsito puede ser caracterizado, considerando que está formado por material isótropo, homogéneo y elástico lineal.” (Shih-Hsie, 2006)

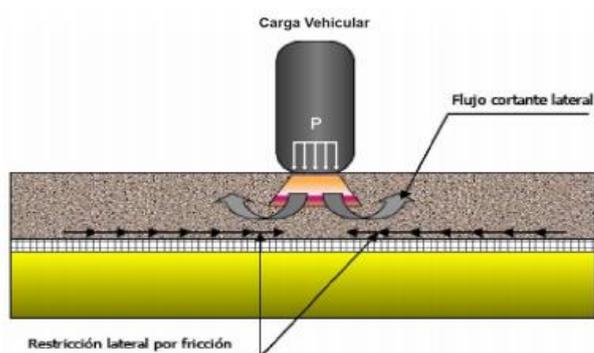
2.2.2.3.1. Geomallas en el dimensionamiento del terreno:

“La geomalla puede colocarse en varios sitios dentro de la estructura de pavimento como, por ejemplo: Entre las

capas de Base y Sub-base o entre las capas de Sub-base y Sub-rasante. El efecto positivo de la instalación de geomalla sobre el comportamiento del pavimento se debe a tres mecanismos:” (Vargas Jiménez, y otros, 2017, págs. 63-71)

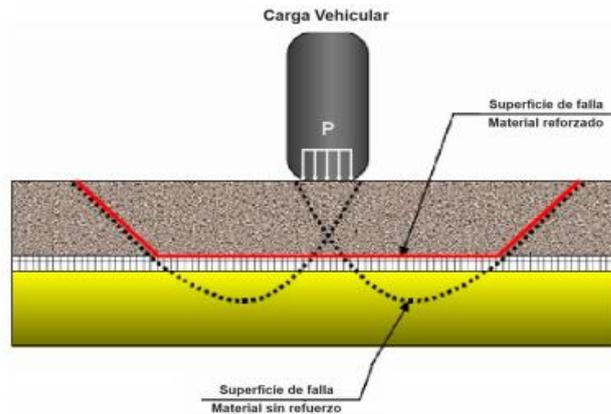
Restricción Lateral: “El principal mecanismo asociado con la función de refuerzo para pavimentos flexibles es la restricción lateral. Este mecanismo se desarrolla por la fricción entre la interfaz de la geomalla y el suelo, por lo tanto, el mecanismo es de resistencia al esfuerzo cortante.” (Perkins, 1999, págs. 347-382)

Figura N° 6: Confinamiento lateral - Caballeros (2006)



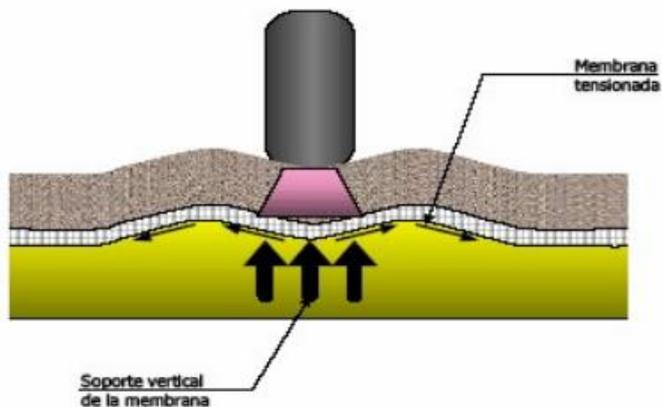
Aumento en la capacidad de soporte: “Las cargas superficiales transmiten esfuerzos a la carpeta asfáltica, a la base y demás capas inferiores. La rigidez que aporta la geomalla limita las deformaciones en la capa de base, generando un tipo de confinamiento, lo que aumenta su resistencia al esfuerzo cortante. En la interfase base-geomalla también se produce fricción lo que contribuye a este mecanismo.” (Vargas Jiménez, y otros, 2017)

Figura N° 7: Mejoramiento de capacidad de soporte - Caballeros (2006)



Membrana Tensionada: “Este mecanismo se origina cuando se presenta un ahuellamiento o deformación considerable debido a una carga vehicular sobre la vía; en estos esfuerzos son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo.” (Orrego Cabanillas, 2014)

Figura N° 8: Membrana tensionada - Caballeros (2006)



“Durante mucho tiempo se consideró que este era el principal mecanismo de refuerzo. Sin embargo, este mecanismo se activa para altos niveles de deformación, generalmente solo ocurre en vías no pavimentadas después de que la vía ha soportado un elevado número de cargas debido al tráfico. Esto se debe a que, en vías pavimentadas, la deformación necesaria para movilizar este sistema de refuerzo es mucho mayor a la que se

espera sin que se generen consecuencias perceptibles por el usuario.” (Caballeros, 2006)

“Por esta razón, se considera que la aplicación de la geomalla como mejoramiento de subrasantes, se deberá considerar el mejoramiento de la capacidad portante y, en menor grado, el efecto de membrana tensionada. No obstante, para aplicaciones de refuerzo de base del pavimento, el confinamiento lateral es el mecanismo de refuerzo más importante.” (Orrego Cabanillas, 2014)

2.2.3. Pavimentos Reforzados con Geomallas:

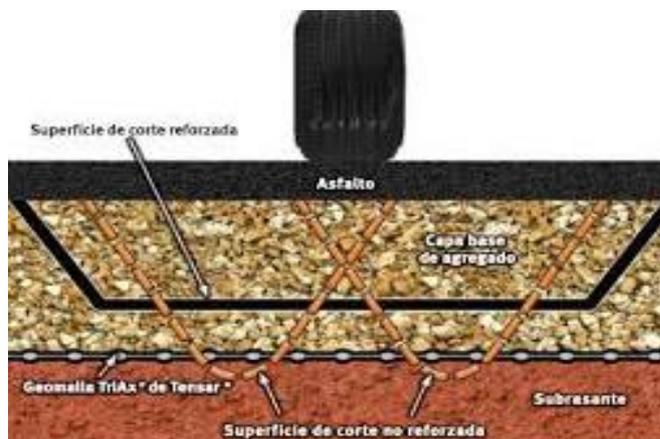
“Las estructuras de pavimento flexible fallan prematuramente porque el material de la capa de base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas, produciendo el ahuellamiento, alejándose de las cargas del tránsito.” (Calvarano, Leonardi, & Palamara, 2017)

2.2.3.1. Geomalla como refuerzo de la subrasante:

Según (Caballeros, 2006), “la incorporación de la geomalla incrementa la resistencia de la subrasante, formando una estructura de pavimento flexible más resistente, mejorando la compactación, reduciendo la oscilación y el punzonamiento maximizando la capacidad de carga de la subrasante, además de reducir costos y tiempos provocados por el movimiento de tierras.”

Estabilización de la subrasante: “En esta aplicación, la geomalla se diseña como una vía sin pavimentar, para un volumen de tránsito de construcción y de subrasante débil.” (Vialidad y Transporte Latinoamericano, 2014)

Figura N° 9: Geomalla triaxial para la estabilización de la subrasante – Kari, Olortegui, Jhonatan, 2019



2.2.3.2. Geomalla como refuerzo de la base o Subbase:

“Este tipo de refuerzo se ha definido como refuerzo en la capa granular, como efecto de restricción lateral o de refuerzo de confinamiento, debido a que se genera en la interacción del suelo granular con la geomalla.” (Caballeros, 2006)

Refuerzo de base: “El aporte de las geomallas como elemento de refuerzo de la base granular de una estructura de pavimento generalmente se cuantifica en términos del incremento de la vida útil medido en número de repeticiones de carga y/o en términos de la reducción del espesor de la capa de base para un pavimento sujeto a un tráfico dado.” (Vialidad y Transporte Latinoamericano, 2014)

2.2.4. Ventajas del uso de la Geomalla:

Según (Texdelta, s.f.), tenemos las siguientes ventajas:

- **Fácil instalación** incluso en condiciones climáticas desfavorables.
- **Aumento de la seguridad** y la estabilidad de taludes.
- **Reducción del volumen** en los movimientos de tierra.
- **Mantiene el aspecto** natural en laderas.
- **Alarga significativamente la vida útil de las carreteras**, vías férreas y caminos reforzados.

- **Reduce** significativamente **la aparición de grietas** en la superficie de los suelos reforzados.
- **Alta resistencia** del material contra los daños durante la instalación.

2.2.5. Impactos en la utilización de las Geomallas:

- **Ambiental:** “Se debe mencionar la reducción en el impacto ambiental en los siguientes aspectos: reducción en el uso de agregado natural, de los volúmenes de excavación, del número de camiones y de la energía de compactación.” (Vialidad y Transporte Latinoamericano, 2014)
- **Económico:** “Con la aplicación de geomallas biaxiales, la construcción de pavimento flexible se hace más económico (menos horas máquina, menos explotación de canteras, menos tiempo y además son económicos.” (Miranda Ramos, 2019)
- **Técnico:** “Las geomallas biaxiales tienen propiedades físico mecánicas muy eficientes que son duraderas. Además, son elaborados por diferentes tipos de polímeros que llegan a hacer económicos y de fácil uso, no requiriendo mano calificada para su aplicación en la construcción de carreteras.” (Miranda Ramos, 2019)
- **Social:** “En la aplicación de geomallas biaxiales, en la construcción de carreteras genera el uso de mano de obra no calificada y la aplicación puede hacer cualquier personal obrero de la zona.” (Miranda Ramos, 2019)

2.2.6. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.):

Según (Consulting, s.f.), tenemos:

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.		
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% \rightarrow GW, GP, SW, SP.$ $> 12\% \rightarrow GM, GC, SM, SC.$ 5 al $12\% \rightarrow$ casos límite que requieren usar doble símbolo.		
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
		Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)					$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Más de la mitad del material grueso pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)					Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.							

SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
		Límite líquido menor de 50		
	Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
		Límite líquido mayor de 50		
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

2.2.7. Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO:

Según (Consulting, s.f.), tenemos:

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b									
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	-			- -	-			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	-		-	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

- (1): No plástico
 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30
 (2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

2.2.8. California Bearing Ratio (C.B.R.):

Se obtiene como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón una profundidad de 0.1 pulgadas en una muestra de suelo y el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, la misma profundidad de 0.1 pulgadas, en una muestra patrón de piedra muestra patrón de piedra triturada.

$$C.B.R. = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo Ensayado}}{\text{Esfuerzo en el Suelo Patrón}} \times 100$$

Los valores para el patrón (roca triturada), se muestran a continuación:

Tabla 1: Valores penetración – esfuerzo

PENETRACIÓN (plg)	ESFUERZO (lb/plg ²)
1	1.0
2	1.5
3	1.9
4	2.3
5	2.6

Fuente: Elaboración propia

La relación C.B.R. generalmente se determina para 0.1” y 0.2” de penetración, es decir, para un esfuerzo de 1000 y 1500 lb/plg² en el patrón respectivamente.

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que se presenta en el terreno, las muestras para el ensayo del C.B.R. se sumergen en agua hasta obtener su saturación.

2.2.9. Diseño Estructural del Pavimento (Método AASTHO93):

“La estructuración de un pavimento, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una variedad de posibilidades; de tal manera que puede estar formado por sólo una capa o varias, y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.” (GAVILANES, 2012)

2.2.9.1. Variables de Diseño Método AASHTO:

Según (AASHTO, 1998), págs. 170-200, tenemos:

2.2.9.1.1. Variables de tiempo:

Hay dos variables a tener en cuenta: período de análisis y vida útil del pavimento. Los períodos de análisis recomendados son: (AASHTO, 1998)

Tabla N° 2: Periodo de Análisis

Tipo de camino	Período de análisis (años)
Alto volumen Urbano	30 a 50
Alto volumen Rural	20 a 50
Bajo volumen pavimentado	15 a 25

Fuente: AASHTO93

2.2.9.1.2. Tránsito (ESAL):

Es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento. Se refiere al volumen de tránsito del carril de diseño. Se usa el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 KN) o ESALs. La conversión de una carga dada por eje a ESAL se hace a través de los LEF (factores equivalentes de carga).

Tabla N° 3: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

Tabla 4: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexible y Semirrígidos.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

Tabla 5: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

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

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

2.2.9.1.3. Confiabilidad:

Es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño.

Tabla N° 6: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años), según rango de Tráfico.

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%

2.2.9.1.4. Desviación Normal Estándar (Zr):

Procedemos a determinar la Desviación Normal Estándar (Zr) mediante la siguiente tabla indicada a continuación:

Tabla N° 7: Factores de 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
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

2.2.9.1.5. Niveles de Serviciabilidad (Po y Pt):

Es un indicador que representa el nivel de comodidad y seguridad que un pavimento proporciona a sus usuarios.

Serviciabilidad Inicial (Po):

Es la etapa que tiene un pavimento al inicio su construcción.

Tabla N° 8: Serviabilidad inicial (Pi)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

Serviabilidad Final (Pt): La Serviabilidad final tiene que ver con la etapa que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil.

Tabla N° 9: Serviabilidad final (Pt) por el tipo de vía

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
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}		>30'000,000	3.00

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

2.2.9.1.6. Pérdida o disminución del índice de serviabilidad:

Los valores anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

$$\Delta\text{PSI} = p_i - p_t$$

Donde:

PSI = Valores de servicio presente.

ΔPSI = Variación entre el servicio final y el inicial.

P_i = Valor de servicio inicial.

Pt = Valor de servicio final.

2.2.9.1.7. Módulo resiliente efectivo (Mr):

Es el módulo Resiliente media que se interpreta en un deterioro en el pavimento.

Está dado por la siguiente fórmula:

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

2.2.9.1.8. Coeficientes Estructurales:

Representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes. Se puede usar una serie de ábacos o mediante una fórmula.

2.2.9.1.9. Drenaje:

El proceso mediante el cual el agua de infiltración superficial es removida de los suelos o rocas por medios naturales o artificiales.

Tabla N° 10: “Valores recomendados de coeficiente de drenaje”

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

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

2.2.9.1.10. Número Estructural:

Capacidad del sistema para soportar las solicitaciones del tráfico. Presenta la siguiente ecuación:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a = Coeficientes estructural

D = Alturas de las capas (plg)

m = Coeficiente de drenaje

2.3. Marco Conceptual:

- **Base:**

“Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa superficial y es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de forma adecuada a la subbase y a la subrasante.” (MENEDEZ, 2016)

- **Carpeta:**

“Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular.” (MENEDEZ, 2016)

- **Coeficientes Estructurales:**

Representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes.

- **Confiabilidad:**

Es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período.

- **Desviación Estándar:**

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

- **Diseño de Pavimentos:**

“Diseñar para las condiciones de tráfico, clima, suelos de fundación y materiales disponibles un pavimento flexible, que brinde seguridad y confort a los usuarios durante el periodo concebido de diseño.” (MENEDEZ, 2016)

- **Diseño Estructural del Pavimento:**

(GAVILANES, 2012) “La estructuración de un pavimento, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una variedad de posibilidades; de tal manera que puede estar formado por sólo una capa o varias, y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales

naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.”

- **Drenaje:**

El proceso mediante el cual el agua de infiltración superficial es removida de los suelos o rocas por medios naturales o artificiales.

- **ESAL:**

Es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento. Se refiere al volumen de tránsito del carril de diseño.

- **Geomallas:**

Son geosintéticos para refuerzo con una estructura plana abierta fabricadas con polímeros de alta resistencia y durabilidad.

- **Geomalla Biaxial:**

Poseen capacidad de carga en dos direcciones, más o menos perpendiculares entre sí.

- **Geomalla triaxial:**

Producen mejores rendimientos estructurales al igual costo. Unen y dan solidez a los materiales de relleno por medio del confinamiento de partículas granulares en los triangulares.

- **Geomalla Uniaxial:**

Tienen toda su capacidad en una sola orientación con juntas transversales.

- **Geotextiles:**

Es un componente textil plano formado por fibras poliméricas (poliéster, poliamidas o polipropileno).

- **Método AASHTO:**

Es un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro número estructural (SN) cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento.

- **Número estructural:**

Capacidad del sistema para soportar las sollicitaciones del tráfico, es una función del espesor de las capas, coeficientes de capa, y coeficientes de drenaje.

- **Nivel de Serviciabilidad:**

Es un indicador que representa el nivel de comodidad y seguridad que un pavimento proporciona a sus usuarios.

- **Pavimento Flexible:**

Es aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

- **Subbase:**

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante en un pavimento asfáltico.

- **Subrasante:**

Es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento.

- **Tiempo de Vida Útil:**

Se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse.

- **California Bearing Ratio (C.B.R.):**

Es un parámetro del suelo utilizado en el diseño de pavimentos, como subrasante, subbase y base, para determinar su resistencia. Esta es una prueba de laboratorio realizada en condiciones controladas de humedad y densidad.

- **Razón de beneficio por tráfico (T.B.R.):**

Se refiere que manteniendo los espesores del pavimento y agregándole la geomalla, se va a obtener casi el doble de ESAL.

2.4. Sistema de Hipótesis:

2.4.1. Hipótesis General:

La utilización de la geomalla influye de manera considerable en el refuerzo del diseño estructural del pavimento flexible en la av. pucará en la ciudad de Trujillo.

2.4.2. Variables:

2.4.2.1. Variable Independiente (causa):

Utilización de la Geomalla.

Tabla 11: Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA	Son materiales geosintéticos que consisten en una superficie uniforme formada principalmente por poliéster, polipropileno y/o polietileno de alta intensidad presentadas en forma de rectángulo en forma de tiras y unidas por un punto llamado nodo.	Son geosintéticos que se emplean con una función de refuerzo y estabilización. Están fabricadas con polímeros resistentes y duraderos, con el objetivo de que, al interactuar con el suelo, complementen su resistencia a la tensión.	Impacto	Económico Ambiental Técnico Social
			Tipos	Biaxial Triaxial
			Ventajas	Fácil instalación. Reducción del volumen en los movimientos de tierra. Alta Resistencia Aumento de la seguridad.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3.2. Variable Dependiente (consecuencia):

Refuerzo en el Diseño Estructural del Pavimento Flexible.

Tabla 12: Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
REFUERZO EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendidos entre la superficie de la subrasante y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme de textura apropiada y resistente a la acción del tráfico, intemperismo y de otros agentes perjudiciales.	El pavimento es la superestructura de la obra vial que hace posible el tránsito fluido de los vehículos con la seguridad, confort y economía previstos por el proyecto.	Cálculo del ESAL del pavimento flexible	Conteo de vehículos
			Diseño del pavimento flexible	Número de estructura Reducción de espesores con geomalla
			Costos del proceso constructivo	Ahorro de costos Menor tiempo de ejecución

Fuente: Elaboración Propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA:

3.1. Tipo y nivel de investigación:

El tipo de investigación será cuantitativa.

El nivel de la investigación básica - descriptiva, ya que pretende diseñar los espesores de la estructura del pavimento flexible a partir de la norma AASHTO e incluir un mecanismo de refuerzo.

3.2. Población y muestra de estudio:

3.2.1. Población:

La población está conformada por las avenidas de distrito de Florencia de Mora- Trujillo.

3.2.2. Muestra:

La muestra está conformada por la avenida Pucará, en mercado La Hermelinda.

3.3. Diseño de investigación:

La investigación se realizará a partir del manual AASHTO 93, para diseño de pavimento flexible reforzado.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación:

3.4.1. Recolección de datos e Información:

- Para la valoración del cumplimiento del pavimento reforzado con las geomallas se hará de distintas maneras, como: Ensayos de Campo y Laboratorio.
- En ensayos de pavimentos flexibles se suele reunir valores como: Las malformaciones en la superficie, agrietamiento y el agotamiento. La imperfección superficial es el principio de más significativo para pavimentos reforzados y pavimentos sin reforzar.
- El desperfecto es estimado determinando las deflexiones superficiales en números de profundidad de ahuellamiento que se obtiene por el progreso de malformaciones en cualquiera de los espesores de las capas del pavimento.

3.4.2. Técnicas e Instrumentos para recolectar datos:

Tabla N° 13: Técnicas e Instrumentos para recolectar datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Guía de observación
Metodología AASHTO	Tablas y gráficas
Análisis	Fichas, programas Excel
Conteo de autos	Fichas

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento y análisis de datos:

Procedimiento para la elaboración del pavimento flexible con geomalla biaxial o triaxial:

- Conteo de vehículos para la obtención final del ESAL.
- Cálculo del número estructural según metodología AASHTO de la estructura inicial entregada por los diseñadores del proyecto.

- Obtención de la nueva altura de la capa de subbase con refuerzo.
- Obtención de la contribución estructural de la capa reforzada.
- Obtención de la nueva altura de las capas de subrasante y subbase.
- Presupuesto del proyecto sin y con refuerzo.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

4.1. Análisis e interpretación de resultados:

4.1.1. Primer Objetivo:

Determinar la carga vehicular del pavimento flexible en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS):

Tabla 14: TPDS de vehículos ligeros

TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL(TPDS)						
TIPO	LIGERO					
	AUTO (AT1)	STATION WAGON (SW2)	CAMIONETAS			MICRO O MINIBUS (MN6)
			PICK UP (PK3)	PANEL (CP4)	C.RURAL. C (CR5)	
						
IMDs	2631	452	522	5	692	4
IMDa	2602	447	516	5	684	4
%						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: TPDS de vehículos pesados

TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL(TPDS)												
PESADO												
BUS (OMNIBUS)		CAMION			SEMI TRAYLER(TRACTO)				TRAYLER(CAMION)			
2 E (2EO)	>=3 E (>=3EO)	2 E (2EC)	3 E (3EC)	4 E (4EC)	2S1/2S2 (T2S1/T2S 2)	2S3 (T2S3)	3S1/3S2 (T3S1/T3S 2)	>= 3S3 (T3S>=3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	>=3T3 (C3R>=3)
												
0	0	141	118	106	14	15	14	15	2	2	1	0
0	0	137	115	103	14	15	13	14	2	2	1	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: TPDS total

TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL(TPDS)												
TIPO	LIGERO			PESADO								TOTAL
	AUTO	CAMIONETAS	MINIBUS	OMNIBUS		CAMIONES						
	AT1,SW2	PK3,CP4, CR5	MN6	2EO	3EO	2EC	3EC	C3R2	C3R3	T2S3	T3S3	
PROMEDIO	3050	1205	4	0	0	137	115	1	0	15	14	4541.00
%	67.2%	26.5%	0.1%	0.0%	0.0%	3.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1: TPDS



Fuente: Elaboración propia

Relación entre los Volúmenes de Tránsito Promedio Diario, Semanal y Anual:

DESVIACION ESTANDAR MUESTRAL (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

n = 7 días de trabajo

S = 1055.36 vehículos mixtos por día

DESVIACION ESTANDAR DE LA POBLACION ESTIMADA (g)

$$g = \frac{S}{\sqrt{n} * \sqrt{\frac{(N - n)}{(N - 1)}}}$$

N = 365 días del año

g = 400.55 vehículos mixtos por día

Máxima Diferencia entre TPDA y TPDS:

$$A = K * g$$

K = 1.64 y 1.96 para una confiabilidad de 90% al 95% respectivamente.

$$g = 1.64$$

$$A = 656.902$$

Índice Medio Diario Anual:

$$TPDA \text{ o } IMDA = TPDS \pm A$$

$$TPDA \text{ o } IMDA = 4541$$

$$IMDA = 5197.90 \text{ veh/día}$$

$$IMDA = 3884.10 \text{ veh/día}$$

$$IMDA \text{ del aforo} = 5197.90 \text{ veh/día}$$

Tráfico Vehicular Proyectado:

Factor de actualización (fa):

$$fa = (1 + r)^a$$

a: Periodo de Actualización

r: Tasa anual de crecimiento (%)

$$r = 2.83\% \text{ (La Libertad, 2017)}$$

a = 4 año de formulación coincide con el año del estudio de tráfico

Reemplazando se tiene:

$$fa = 1.12$$

Índice Medio Diario Acumulado Anual (IMDa):

$$IMDa = fa * IMDA$$

Reemplazando se tiene:

$$IMDa = 5811.76 \text{ veh/día}$$

Crecimiento del Tráfico Vehicular:

$$n = n_s + n_f$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$F.C. = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito

n = Periodo de diseño del pavimento en años

Entonces se tiene:

$$F.C. = \frac{(1 + 2.83\%)^{20} - 1}{2.83\%}$$

$$F.C. = 26.41$$

Tránsito de Diseño:

Factores de Equivalencia de Carga por Vehículo (FECv):

Tabla 17: FEC para vehículos ligeros



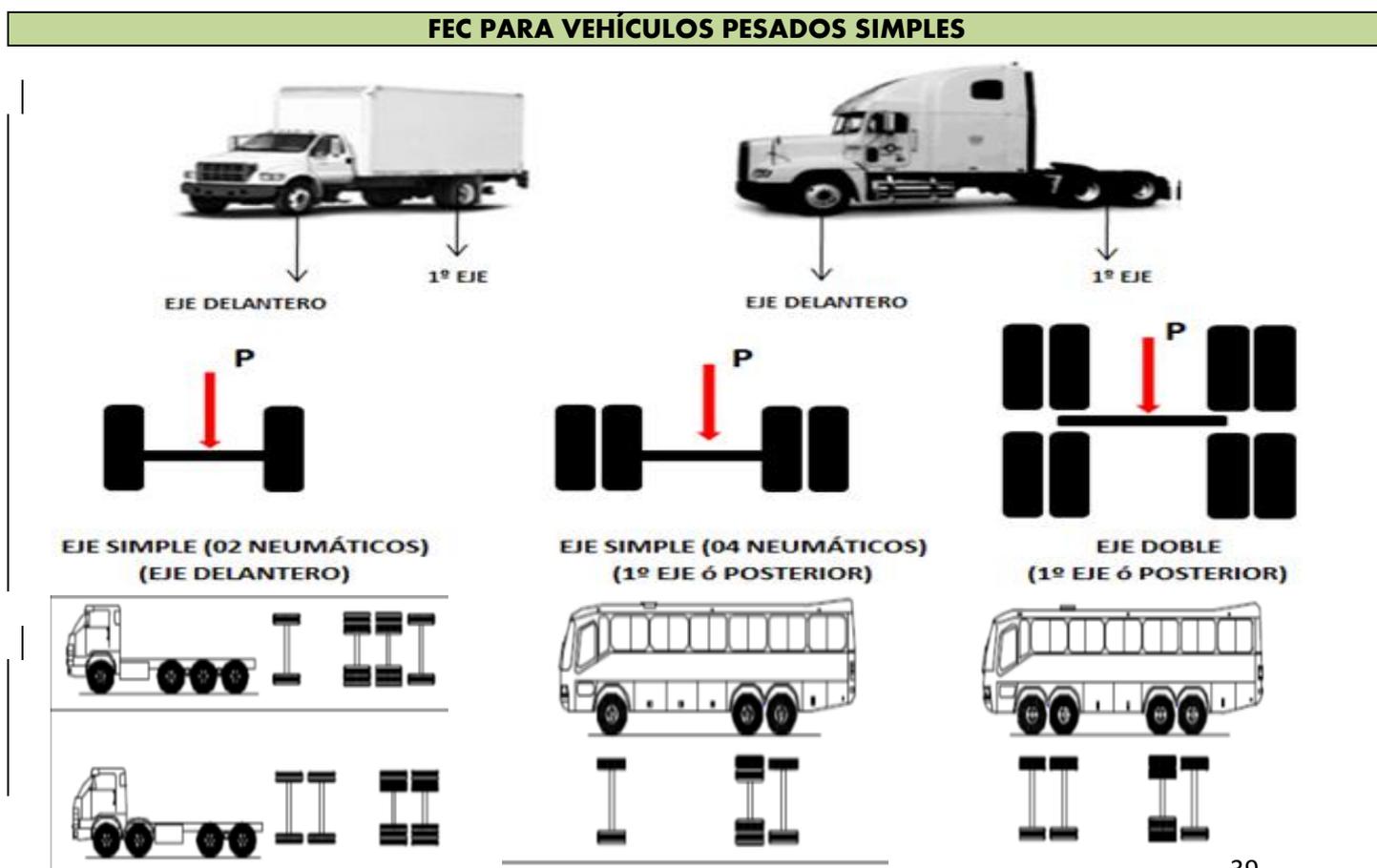
FEC PARA VEHÍCULOS LIGEROS

CODIGO	EJE DELANTERO		1° EJE		FEC		
	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	DELANTERO	1° EJE	TOTAL
AT1	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403
SW2	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403
PK3	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403
CP4	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403
CR5	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403
MN6	1	1	1	1	0.00052702	0.00052702	0.00105403

1 SIMPLE 1 SIMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: FEC para vehículos pesados simples:



FEC PARA VEHÍCULOS PESADOS SIMPLES							
CODIGO	EJE DELANTERO		1° EJE		FEC		
	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	DELANTERO	1° EJE	TOTAL
2EO	1	7	1	11	1.265366749	3.238286961	4.503653709
3EO	1	7	2(**)	16	1.265366749	1.365944548	2.631311297
4EO	1(*)	14	2(**)	16	2.196447268	1.365944548	3.562391816
2EC	1	7	1	11	1.265366749	3.238286961	4.503653709
3EC	1	7	2	18	1.265366749	2.019213454	3.284580203
4EC	1(*)	7	2	23	1.265366749	1.508183597	2.773550346

1 SIMPLE	1 SIMPLE
1(*) EJE TANDEM (SE ANALIZA COMO DOBLE)	2 DOBLE
	2(**) DOBLE PARA BUS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: FEC para vehículos pesados compuestos



FEC PARA VEHICULOS PESADOS COMPUESTOS

CODIGO	EJE DELANTERO		1º EJE		2º EJE		3º EJE		FEC				
	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	TIPO EJE	CARGA(Tn)	DELANTERO	1º EJE	2º EJE	3º EJE	TOTAL
C2R2	1	7	1	11	1	11	1	11	1.265366749	3.238286961	3.238286961	3.238286961	10.980227630
C2R3	1	7	1	11	1	11	2	18	1.265366749	3.238286961	3.238286961	2.019213454	9.761154124
C3R2	1	7	2	18	1	11	1	11	1.265366749	2.019213454	3.238286961	3.238286961	9.761154124
C3R3	1	7	2	18	1	11	2	18	1.265366749	2.019213454	3.238286961	2.019213454	8.542080617
C3R4	1	7	2	18	2	18	2	18	1.265366749	2.019213454	2.019213454	2.019213454	7.323007110
T2S1	1	7	1	11	1	11	-	-	1.265366749	3.238286961	3.238286961	-	7.741940670
T2S2	1	7	1	11	2	18	-	-	1.265366749	3.238286961	2.019213454	-	6.522867163
T2S3	1	7	1	11	3	25	-	-	1.265366749	3.238286961	1.706026248	-	6.209679958
T3S1	1	7	2	18	1	11	-	-	1.265366749	2.019213454	3.238286961	-	6.522867163
T3S2	1	7	2	18	2	18	-	-	1.265366749	2.019213454	2.019213454	-	5.303793656
T3S3	1	7	2	18	3	25	-	-	1.265366749	2.019213454	1.706026248	-	4.990606451

1 SIMPLE	1 SIMPLE	1 SIMPLE	1 SIMPLE
1(*) EJE TANDEM (SE ANALIZA COMO DOBLE)	2 DOBLE	2 DOBLE	2 DOBLE
	3 TRIPLE	3 TRIPLE	3 TRIPLE

Fuente: Elaboración propia

Población Futura de Vehículos:

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

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T₀ = Tránsito actual (año base) en veh/día

Tabla 20: Datos para población futura

IMDa	2023		
Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos	r:	1.26 %	
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.83 %	
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)	n:	4	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Población Futura Vehículos Ligeros

			LIGEROS					
			AUTO (AT1)	STATION WAGON (SW2)	CAMIONETAS			MICRO O MINIBUS (MN6)
					PICK UP (PK3)	PANEL (CP4)	C.RURAL.C (CR5)	
IMDa	2027	Total	2702	464	536	5	711	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Población Futura Vehículos Pesados

PESADO												
BUS (OMNIBUS)		CAMION			SEMI TRAYLER(TRACTO)				TRAYLER(CAMION)			
2 E (2EO)	>=3 E (>=3EO)	2 E (2EC)	3 E (3EC)	4 E (4EC)	2S1/2S2 (T2S1/T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1/3S2 (T3S1/T3S2)	>= 3S3 (T3S>=3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	>=3T3 (C3R>=3)
0	0	149	125	112	15	16	15	16	2	2	1	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Cálculo f. IMDA FLEXBLE

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	"f" P. FLEXIBLE	f. IMDA FLEXIBLE
	2027		
AT1	2702	0.00105403	2.848032437
SW2	464	0.00105403	0.489285694
PK3	536	0.00105403	0.564905386
CP4	5	0.00105403	0.005103169
CR5	711	0.00105403	0.748928766
MN6	4	0.00105403	0.003866037
2EO	0	4.503653709	0

3EO	0	2.631311297	0
4EO	0	3.562391816	0
2EC	149	4.503653709	671.9630546
3EC	125	3.284580203	412.03859
4EC	112	2.773550346	310.1587109
C2R2	2	10.980227630	19.93866518
C2R3	2	9.761154124	16.24790407
C3R2	1	9.761154124	10.33957532
C3R3	0	8.542080617	3.877826833
C3R4	0	7.323007110	3.324407102
T2S1	15	7.741940670	118.324507
T2S2	15	6.522867163	99.69270935
T2S3	16	6.209679958	98.66474721
T3S1	15	6.522867163	95.74448324
T3S2	0	5.303793656	0
T3S3	16	4.990606451	77.7846746

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL):

Metodo AASHTO

Tabla 24: Cálculo de ESAL

Tasa anual de crecimiento Vehiculos pesados	r:	2.83%
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehiculos pesados $Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	26.41
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		2 calzadas con separador central, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.40
Número de ejes equivalentes (ESAL) $\#EE = 365 * (\Sigma f.IMDa) * Fd * Fc * Fca$	ESAL	7,491,157

2047

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Segundo Objetivo:

Realizar el estudio de mecánica de suelos para determinar el índice de resistencia C.B.R. en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

Análisis Granulométrico por Tamizado:

Tabla 25: Datos del material

DESCRIPCIÓN	PESO (g)
Peso inicial seco	1000
Peso del recipiente + lavado seco	500.6
Tara del recipiente	112.5
Peso de lavado seco	388.1
Pérdida por lavado	375.8

Fuente: Elaboración propia

Ensayo

Muestra = 388.1 g

Tabla 26: Pesos retenidos en los matices

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	% Que pasa (100 % - Retenido Acumulado)
N° 4	4.760	6.7	1.73	1.73	98.27
N° 8	2.380	8.5	2.19	3.92	96.08
N° 10	2	2.3	0.59	4.51	95.49
N° 16	1.190	7.9	2.04	6.54	93.46
N° 20	0.841	8.1	2.09	8.63	91.37
N° 30	0.590	12.9	3.32	11.96	88.04
N° 40	0.425	13.7	3.53	15.49	84.51
N° 50	0.297	26.5	6.83	22.31	77.69
N° 100	0.149	204.5	52.69	75.01	24.99
N° 200	0.074	75.2	19.38	94.38	5.62
PLATO (FONDO)		21.8	5.62	100.00	0.00
SUMATORIA		388.1			

Fuente: Elaboración propia

Calcular el % de grava, arena:

% Grava: 11.96 %

% Arena: 82.43 %

Calcular D10, D30, D60:

$$D_x = DS - \frac{(\%PS - X)(DS - DI)}{\%PS - \%PI}$$

Donde:

D_x = Diámetro incognito (10, 30, y 60)

D_S = Diámetro de malla superior

D_I = Diámetro de malla inferior

PS = Porcentaje que pasa por la malla superior

PI = Porcentaje que pasa por la malla inferior

$$D_{10} = 0.149 - \frac{(24.99 - 10) \times (0.149 - 0.074)}{24.99 - 5.62} \Rightarrow D_{10} = 0.091$$

$$D_{30} = 0.297 - \frac{(77.69 - 30) \times (0.297 - 0.149)}{77.69 - 24.99} \Rightarrow D_{30} = 0.163$$

$$D_{60} = 0.297 - \frac{(77.69 - 60) \times (0.297 - 0.149)}{77.69 - 24.99} \Rightarrow D_{60} = 0.247$$

Calcular el coeficiente de Uniformidad (Cu):

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

D₆₀ = Es el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60 % del suelo en peso.

D₁₀ = El diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo en peso.

$$C_u = \frac{0.247}{0.091}$$

$$C_u = 2.719$$

Calcular el coeficiente de Curvatura (Cc):

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Donde:

D_{60} = El diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60 % del suelo, en peso.

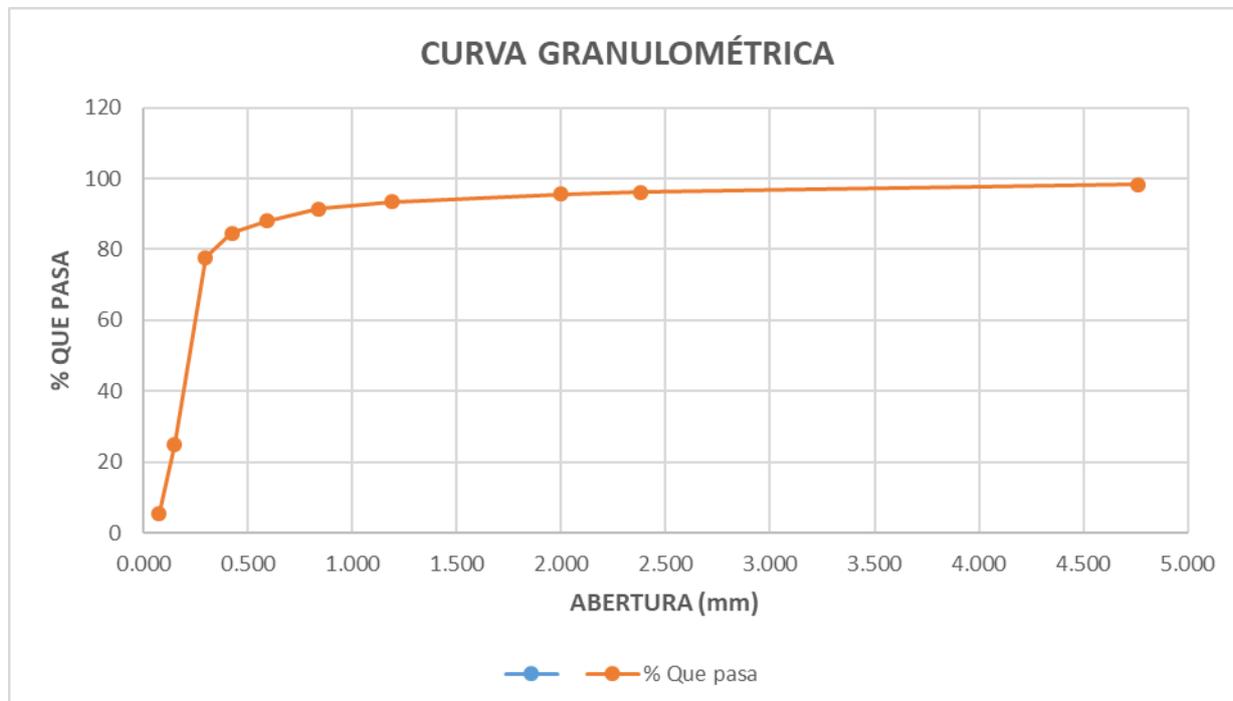
D_{30} = El diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 30 % del suelo, en peso.

D_{10} = El diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10 % del suelo, en peso.

$$C_c = \frac{0.163^2}{0.247 \times 0.091}$$

$$C_c = 1.182$$

Gráfica 2: Curva Granulométrica:



Fuente: Elaboración propia

CLASIFICACIÓN SUSCS:

SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos

CLASIFICACIÓN AASHTO:

A – 3 Arena Fina, Excelente a bueno

Determinación de la relación peso específico seco – humedad y Proctor Modificado (ASTM D-1557):

Calicata 1 (C – 1):

Tabla 27: Datos de molde para calicata 1

Molde N°	1
Peso del Molde (g)	4015
Volumen del Molde (cm ³)	942.16
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	25

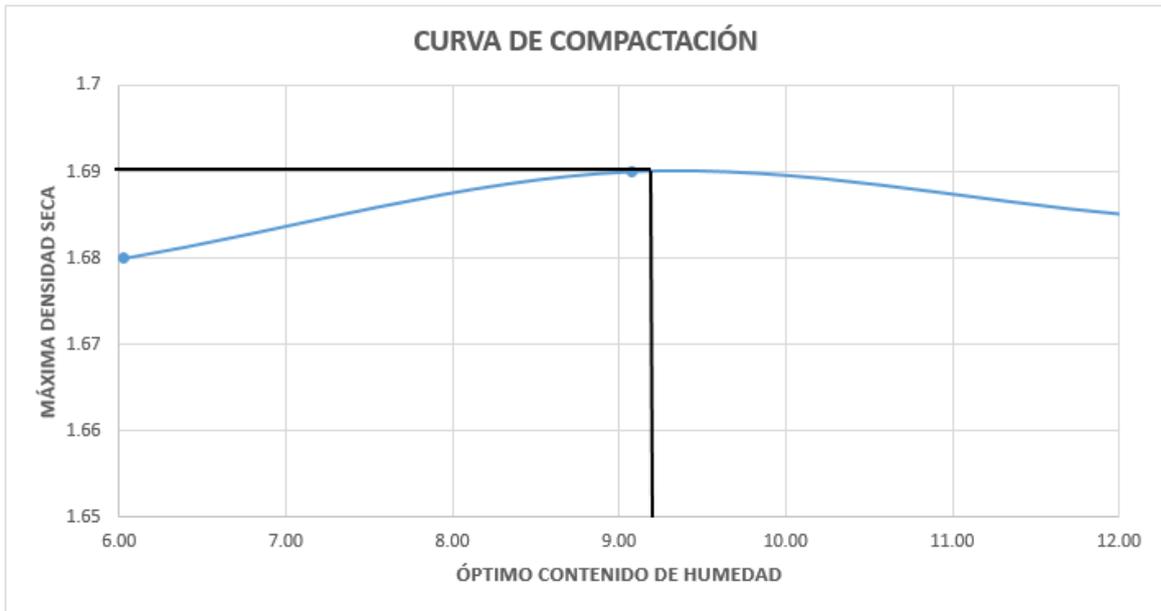
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Calculo de Humedad promedio y Peso específico seco para calicata 1

NUMERO DE MUESTRAS	1	2	3
Peso de la muestra (g)	4000	4000	4000
Humedad de la muestra ensayo (%)	4	6	8
Volumen del agua a agregar (ml)	160	240	320
Peso del molde (g)	4015	4015	4015
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5695	5755	5795
Volumen del molde (cm³)	942.16	942.16	942.16
Peso volumétrico húmedo (g/cm³)	1.78	1.85	1.89
NUMERO DE CAPSULA	1	2	3
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (g)	153.98	151.26	160.27
Peso de suelo seco + Cápsula (g)	147.45	142.01	147.22
Peso de Agua (g)	6.53	9.25	13.05
Peso de Cápsula (g)	39.05	40.12	39.08
Peso de Suelo Seco (g)	108.4	101.89	108.14
Humedad promedio (%)	6.02	9.08	12.07
Peso específico seco (g/cm³)	1.68	1.69	1.69

Fuente: Elaboración propia:

Gráfico 3: Curva de compactación para calicata 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 1

Máxima densidad Seca (g/cm³)	1.693
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.200

Calicata 2 (C – 2):

Tabla 30: Datos de molde para calicata 2

Molde N°	1
Peso del Molde (g)	4015
Volumen del Molde (cm ³)	942.16
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia

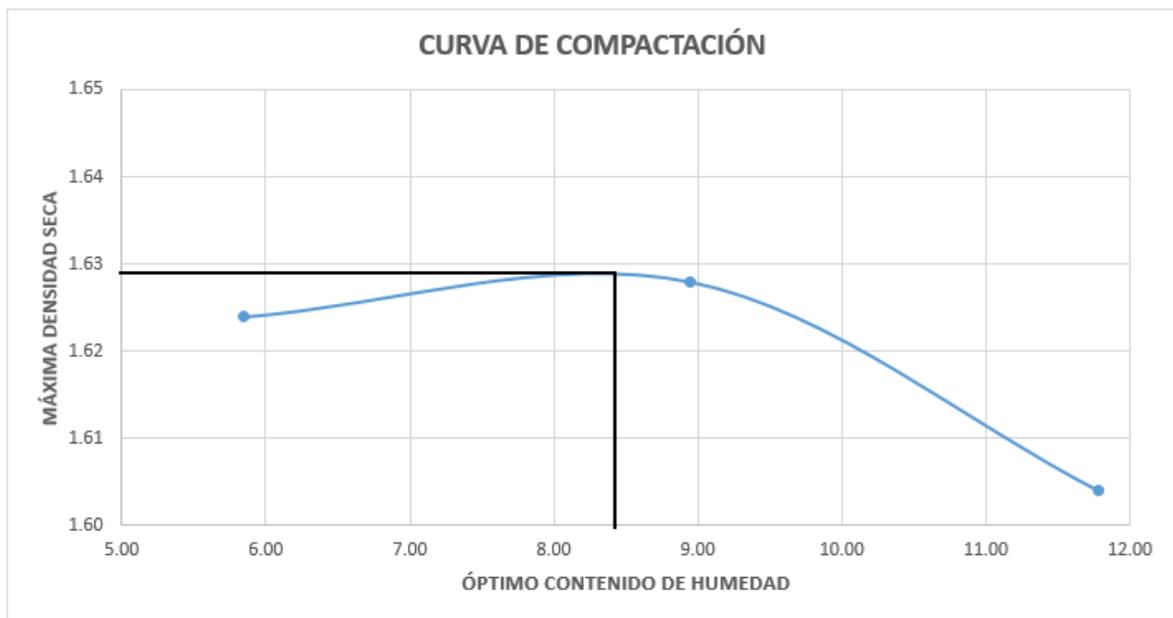
Tabla 31: Calculo de Humedad promedio y Peso específico seco para calicata 2

NUMERO DE MUESTRAS	1	2	3
Peso de la muestra (g)	4000	4000	4000
Humedad de la muestra ensayo (%)	4	6	8
Volumen del agua a agregar (ml)	160	240	320

Peso del molde (g)	4015	4015	4015
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5635	5685	5705
Volumen del molde (cm³)	942.16	942.16	942.16
Peso volumétrico húmedo (g/cm³)	1.72	1.77	1.79
NUMERO DE CAPSULA	1	2	3
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (g)	146.25	177.31	156.36
Peso de suelo seco + Cápsula (g)	140.36	165.92	144.01
Peso de Agua (g)	5.89	11.39	12.35
Peso de Cápsula (g)	39.62	38.62	39.18
Peso de Suelo Seco (g)	100.74	127.30	104.83
Humedad promedio (%)	5.85	8.95	11.78
Peso específico seco (g/cm³)	1.62	1.63	1.60

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Curva de compactación para calicata 2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 2

Máxima densidad Seca (g/cm³)	1.628
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.400

Fuente: Elaboración propia

Calicata 3 (C – 3):

Tabla 33: Datos de molde para calicata 3

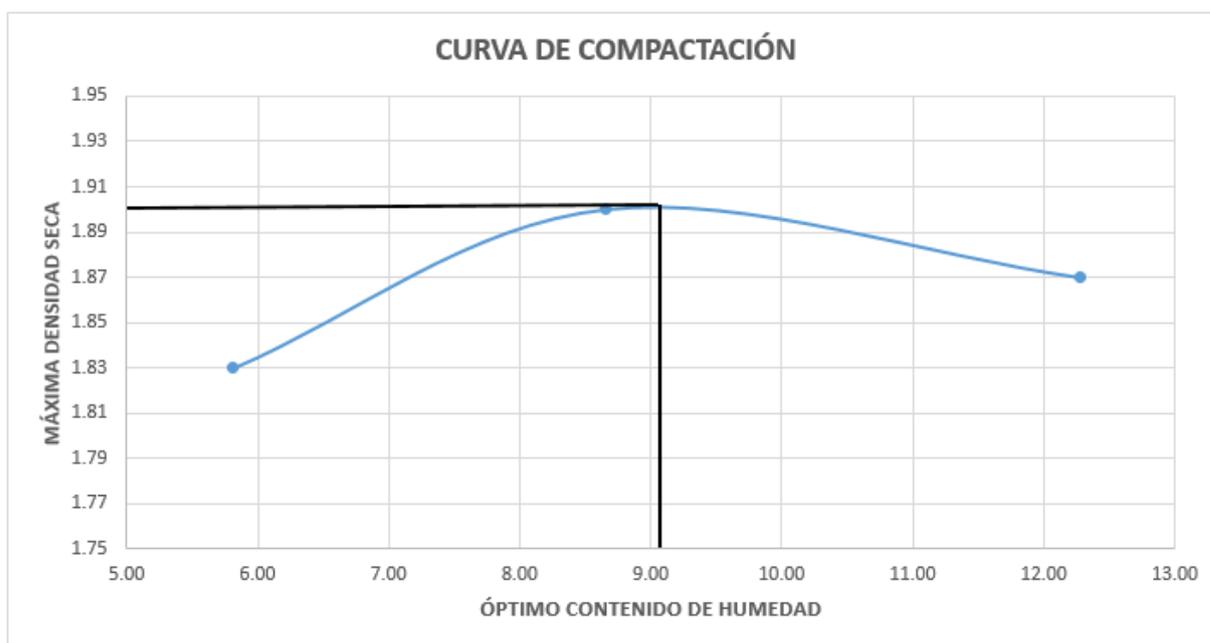
Molde N°	1
Peso del Molde (g)	4015
Volumen del Molde (cm ³)	942.16
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Calculo de Humedad promedio y Peso especifico seco para calicata 3

NUMERO DE MUESTRAS	1	2	3
Peso de la muestra (g)	4000	4000	4000
Humedad de la muestra ensayo (%)	4	6	8
Volumen del agua a agregar (ml)	160	240	320
Peso del molde (g)	4015	4015	4015
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5835	5960	5995
Volumen del molde (cm³)	942.16	942.16	942.16
Peso volumétrico húmedo (g/cm³)	1.93	2.06	2.10
NUMERO DE CAPSULA	1	2	3
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (g)	175.81	187.37	181.24
Peso de suelo seco + Cápsula (g)	168.33	175.51	165.67
Peso de Agua (g)	7.48	11.86	15.57
Peso de Cápsula (g)	39.57	38.58	38.84
Peso de Suelo Seco (g)	128.76	136.93	126.83
Humedad promedio (%)	5.81	8.66	12.28
Peso específico seco (g/cm³)	1.83	1.90	1.87

Gráfico 5: Curva de compactación para calicata 3



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Cálculo de MDS y Contenido de Humedad para calicata 2

Máxima densidad Seca (g/cm³)	1.905
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.100

Fuente: Elaboración propia

Relación de Soporte de California (C.B.R.) (NTP 339,145 / ASTM D-1883):

Calicata 1 (C – 1):

Tabla 36: Datos de compactación para calicata 1

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11830.00	11841.00	11774.00	11746.00	11654.00	11592.00
Peso de molde (g)	7898.00	7898.00	8017.00	8017.00	8081.00	8081.00
Peso del suelo húmedo (g)	3932.00	3943.00	3757.00	3729.00	3573.00	3511.00
Volumen del molde (cm3)	2127.00	2127.00	2130.00	2130.00	2125.00	2125.00
Densidad húmeda (g/cm3)	1.849	1.854	1.764	1.751	1.681	1.652

Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	579.10	1038.50	583.80	1109.20	608.70	1085.40
Peso suelo seco + tara (g)	530.30	947.30	534.90	1010.50	557.10	984.80
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	48.80	91.20	48.90	98.70	51.60	100.60
Peso de suelo seco (g)	530.30	947.30	534.90	1010.50	557.10	984.80
Contenido de humedad (%)	9.20	9.63	9.14	9.77	9.26	10.22
Densidad seca (g/cm3)	1.693	1.691	1.616	1.595	1.539	1.499

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Datos de expansión para calicata 1

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
Feb-23	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-23	16:00	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	15:00	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

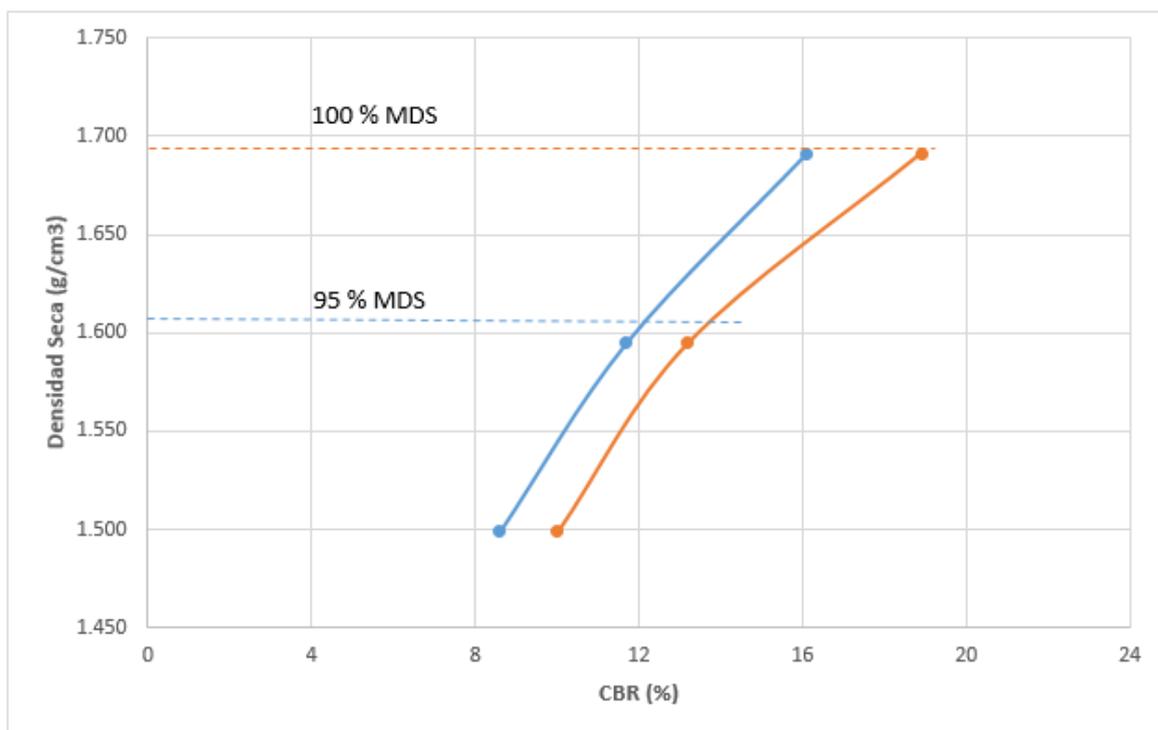
Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Datos de penetración para calicata 1

PENETRACION													
PENETRACIÓN (mm)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		20	87.6			10	42.7			6	24.7		
1.270		27	119			20	87.6			14	60.7		
1.905		36	160			26	115			21	92.1		
2.540	70.455	50	223	219.8	16.1	37	164	158.9	11.7	26	115	117	8.6
3.810		70	313			50	223			37	164		
5.080	105.682	85	380	387.2	18.9	61	272	270.4	13.2	47	209	204.9	10
7.620		117	524			77	344			60	268		
10.160		136	609			91	407			71	317		
12.700		155	695			98	438			81	362		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS



Fuente: Elaboración propia

MÉTODO DE COMPACTACIÓN: ASTM D1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.691

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 9.6

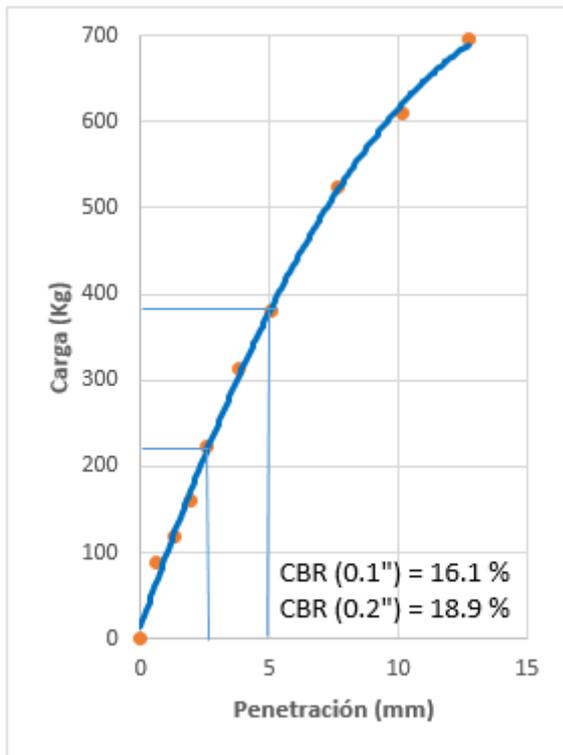
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.606

Tabla 39: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2"

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	16.1	0.2":	18.93
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.1	0.2":	13.77

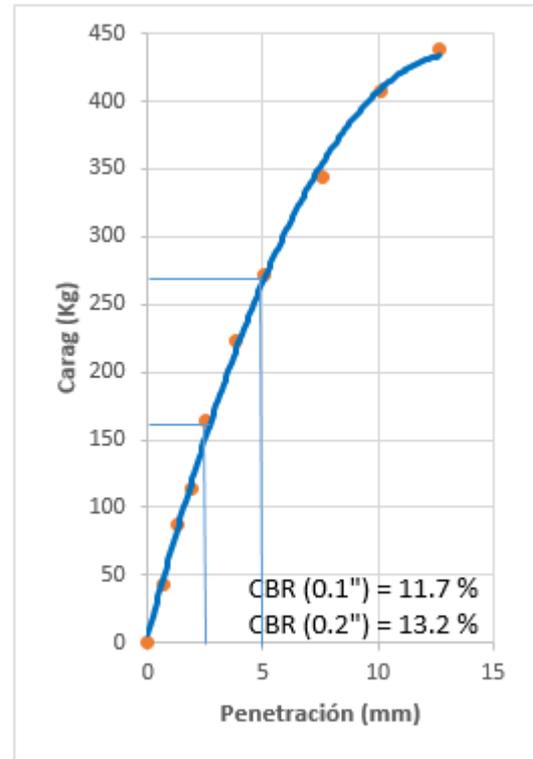
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7: E.C. = 55 Golpes para calicata 1



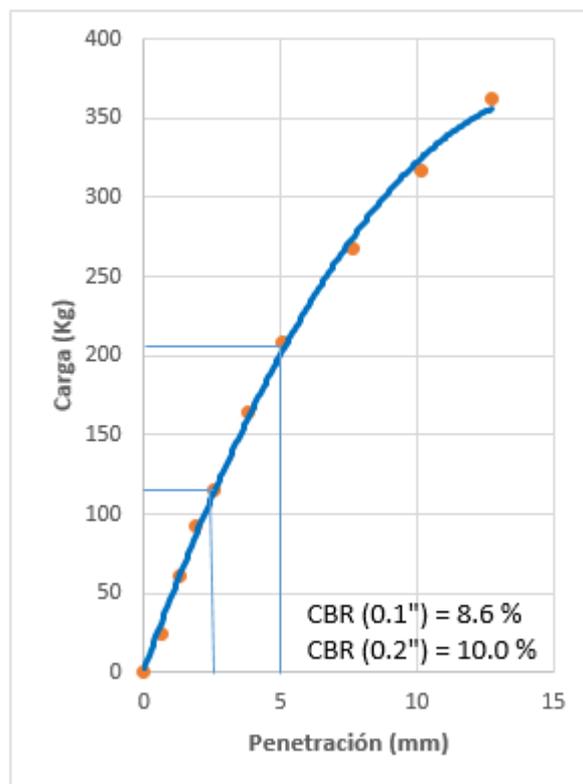
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8: E.C. = 26 Golpes para calicata 1



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9: E.C. = 12 Golpes para calicata 1



Fuente: Elaboración propia

Calicata 2 (C – 2):

Tabla 40: Datos de compactación para calicata 2

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11652.00	11662.00	11602.00	11574.00	11484.00	11421.00
Peso de molde (g)	7898.00	7898.00	8017.00	8017.00	8081.00	8081.00
Peso del suelo húmedo (g)	3754.00	3764.00	3585.00	3557.00	3403.00	3340.00
Volumen del molde (cm3)	2127.00	2127.00	2130.00	2130.00	2125.00	2125.00
Densidad húmeda (g/cm3)	1.765	1.770	1.683	1.670	1.601	1.572
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	593.60	1174.20	619.80	1074.10	581.90	1041.70
Peso suelo seco + tara (g)	547.60	1078.90	571.20	984.10	535.60	950.50
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	46.00	95.30	48.60	90.00	46.30	91.20
Peso de suelo seco (g)	547.60	1078.90	571.20	984.10	535.60	950.50
Contenido de humedad (%)	8.40	8.83	8.51	9.15	8.64	9.59
Densidad seca (g/cm3)	1.628	1.626	1.551	1.530	1.474	1.434

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Datos de expansión para calicata 2

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
Feb-23	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-23	16:00	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	15:00	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

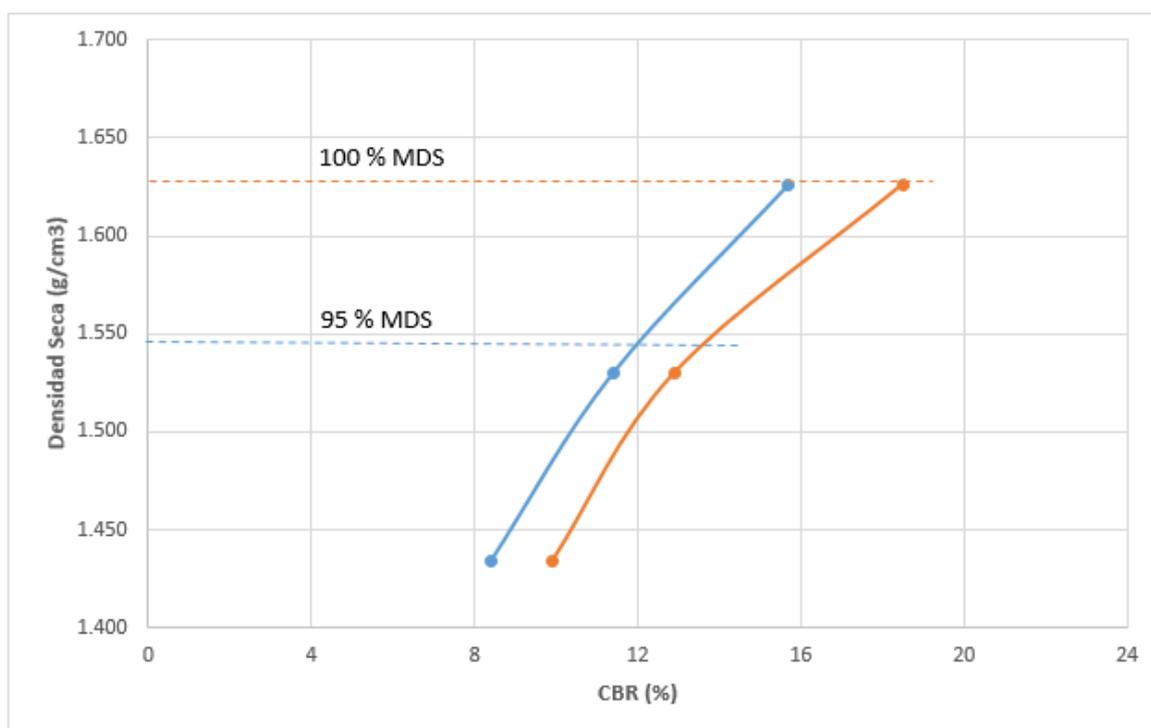
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Datos de penetración para calicata 2

PENETRACION													
PENETRACIÓN (mm)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		20	87.6			10	42.7			6	24.7		
1.270		26	114.6			20	87.6			14	60.7		
1.905		35	155.1			25	110.1			21	92.1		
2.540	70.455	49	218	213.9	15.7	36	159.6	155.4	11.4	26	114.6	115	8.4
3.810		68	303.5			49	218			36	159.6		
5.080	105.682	83	370.9	378.7	18.5	60	267.5	264.6	12.9	46	204.6	202	9.9
7.620		115	514.8			75	335			59	263		
10.160		133	595.8			89	397.9			71	317		
12.700		152	681.2			96	429.4			80	357.4		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS



Fuente: Elaboración propia

MÉTODO DE COMPACTACIÓN: ASTM D1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.626

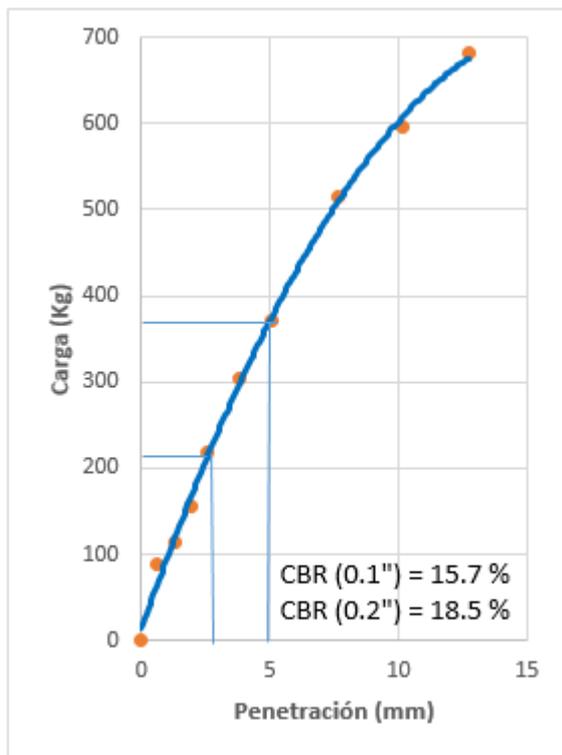
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 8.8
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.545

Tabla 43: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2"

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	15.68	0.2":	18.52
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	11.96	0.2":	13.63

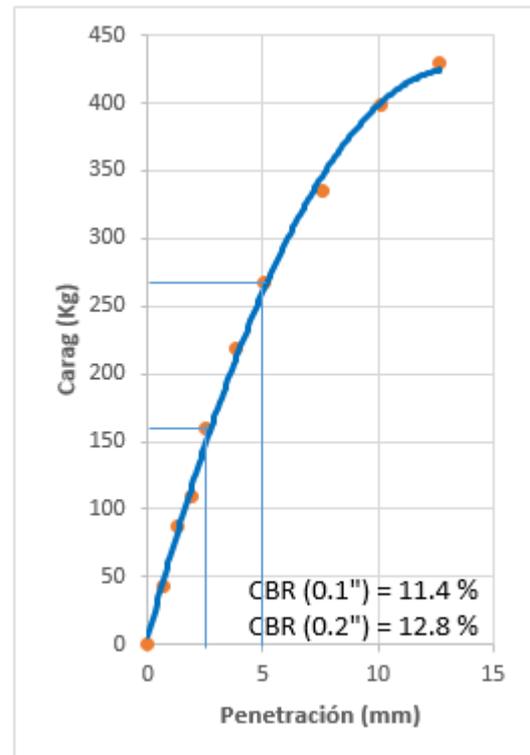
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 11: E.C. = 55 Golpes para calicata 2



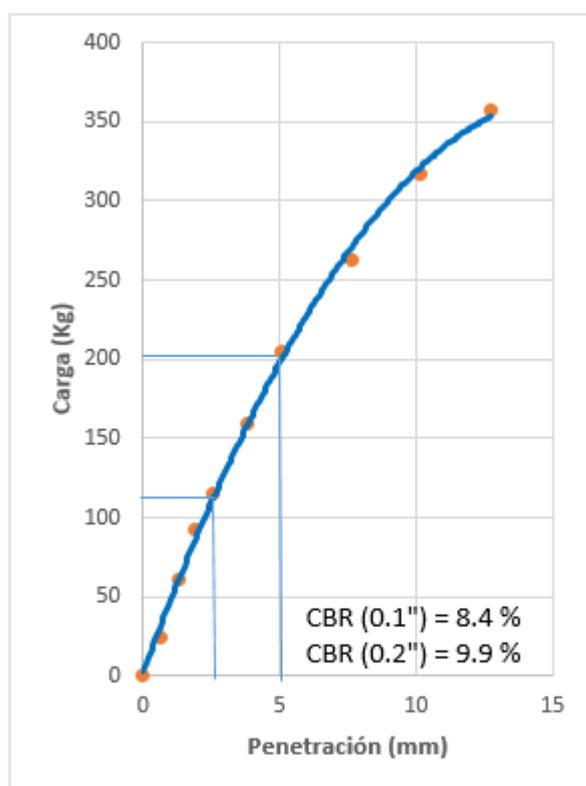
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 12: E.C. = 26 Golpes para calicata 2



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 13: E.C. = 12 Golpes para calicata 2



Fuente: Elaboración propia

Calicata 3 (C – 3):

Tabla 44: Datos de compactación para calicata 3

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12319.00	12331.00	12268.00	12243.00	12146.00	12087.00
Peso de molde (g)	7898.00	7898.00	8017.00	8017.00	8081.00	8081.00
Peso del suelo húmedo (g)	4421.00	4433.00	4251.00	4226.00	4065.00	4006.00
Volumen del molde (cm ³)	2127.00	2127.00	2130.00	2130.00	2125.00	2125.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.079	2.084	1.996	1.984	1.913	1.885
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	574.10	905.60	608.20	1031.50	584.00	1025.70
Peso suelo seco + tara (g)	526.20	826.80	557.10	939.40	534.60	930.80
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	47.90	78.80	51.10	92.10	49.40	94.90

Peso de suelo seco (g)	526.20	826.80	557.10	939.40	534.60	930.80
Contenido de humedad (%)	9.10	9.53	9.17	9.80	9.24	10.20
Densidad seca (g/cm ³)	1.905	1.903	1.828	1.807	1.751	1.711

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Datos de expansión para calicata 3

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
Feb-23	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-23	16:00	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	16:00	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
Feb-23	15:00	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

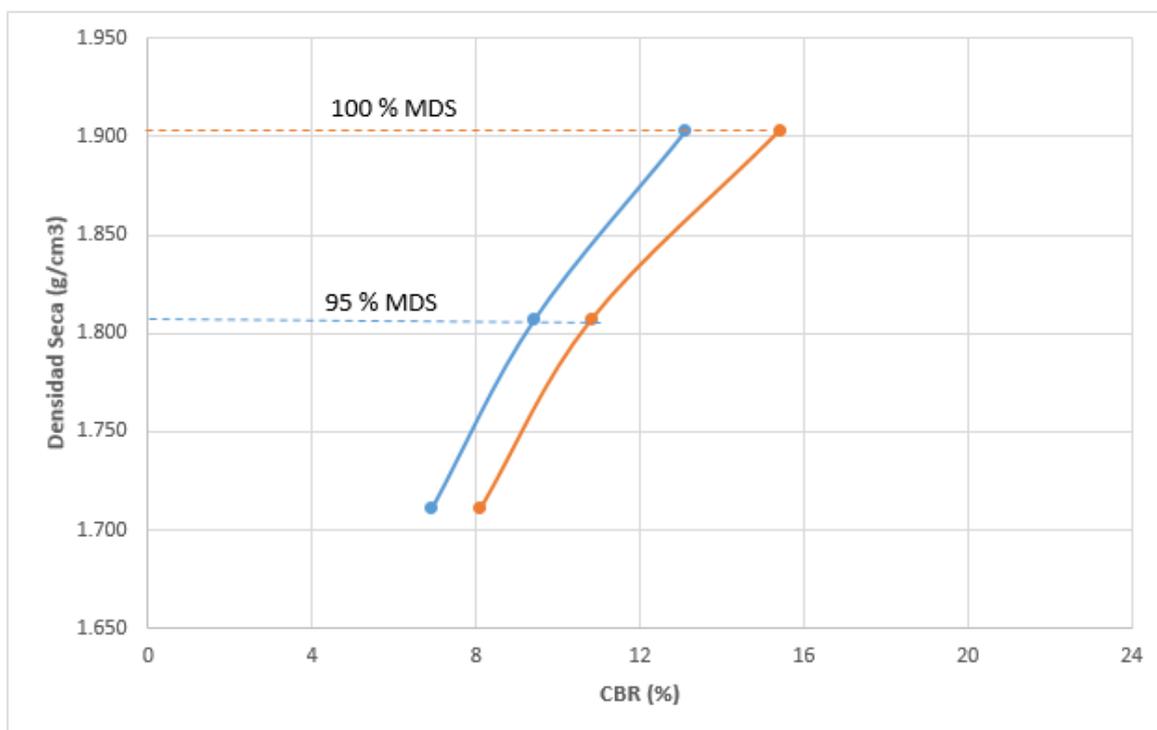
Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Datos de penetración para calicata 3

PENETRACION													
PENETRACIÓN (mm)	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		16	69.7			8	33.7			5	20.2		
1.270		22	96.6			16	69.7			11	47.2		
1.905		29	128			21	92.1			17	74.2		
2.540	70.455	41	182	178.4	13.1	30	132.6	128.5	9.4	21	92.1	93.9	6.9
3.810		57	254			41	182.1			30	132.6		
5.080	105.682	69	308	314	15.4	50	222.5	221.5	10.8	38	168.6	165.8	8.1
7.620		95	425			63	281			49	218		
10.160		111	497			74	330.5			58	258.5		
12.700		126	564			80	357.4			66	294.5		

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14: Cálculo de C.B.R. al 95 % y 100 % de MDS



Fuente: Elaboración propia

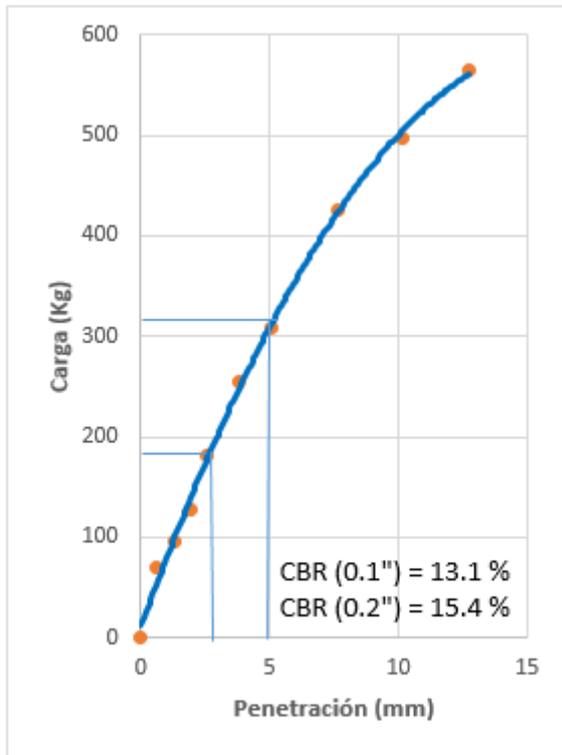
MÉTODO DE COMPACTACIÓN: ASTM D1557
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.903
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 9.5
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.808

Tabla 47: Cálculo de C.B.R. al 95% y 100% en 0.1" y 0.2"

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	13.08	0.2":	15.35
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	9.45	0.2":	10.86

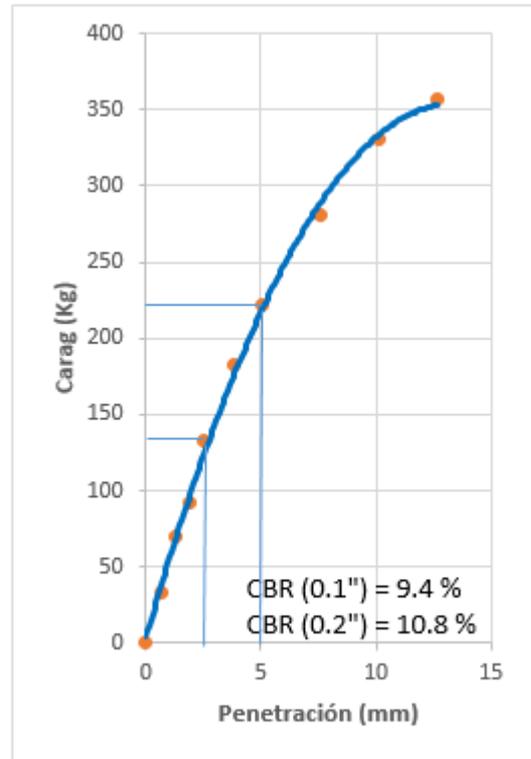
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 15: E.C. = 55 Golpes para calicata 3



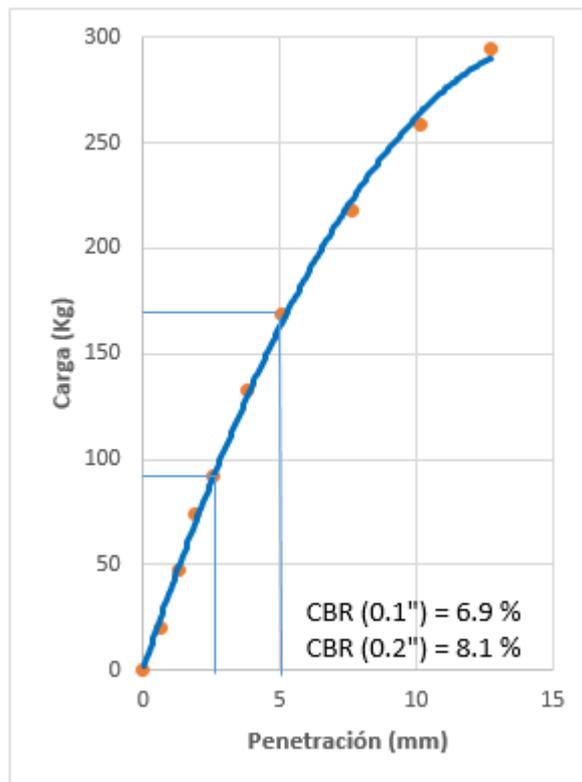
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 16: E.C. = 26 Golpes para calicata 3



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 17: E.C. = 12 Golpes para calicata 3



Fuente: Elaboración propia

Resumen de C.B.R.:

Tabla 48: Resumen de C.B.R.

Calicata N°	C.B.R. al 95% M.D.S.	
	0.1 "	0.2 "
1	12.11	13.77
2	11.96	13.63
3	9.45	10.86

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para el desarrollo utilizaremos, **C.B.R. = 9.45 %**

4.1.3. Tercer Objetivo:

Determinar el paquete estructural del pavimento flexible considerando el uso de la geomalla en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

Diseño de Pavimento Flexible:

1° C.B.R. = 9.45 %

2° Módulo de Resiliencia:

$$MR (psi) = 2555 \times 9.45^{0.64}$$

$$Mr (psi) = 10757$$

3° Tipo de tráfico:

Según cuadro presentado:

$$5'000,000 \text{ EE} < T_{P8} \leq 7'500,000 \text{ EE}$$

4° Confiabilidad:

Según cuadro presentado:

$$C = 90\%$$

5° Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal:

Según cuadro presentado:

$$Z_R = - 1.282$$

6° Desviación Estándar:

Para pavimentos flexibles el (so) varía entre 0.40 a 0.50.

Siendo el valor más bajo, para una vía de mayor importancia, donde se espera que el dimensionamiento de las capas ejecutadas coincida con las del diseño. y el valor más alto para lo contrario, es decir se aplicaría en vías de menor importancia relativa.

Para pavimentos rígidos el (so) varía entre: 0.30 - 0.45.

Igualmente, el valor más bajo, corresponde para una vía de mayor importancia y el valor más alto para de menor importancia.

En la presente investigación se adopta para los diseños recomendados el valor de:

$$S_0 = 0.45$$

7° Pérdida de Servicialidad:

7.1° Servicialidad Inicial:

Según cuadro presentado:

$$P_i = 4.00$$

7.2° Servicialidad Final:

Según cuadro presentado:

$$P_f = 2.50$$

$$\text{Pérdida} = 4.00 - 2.50 = 1.50$$

8° Capacidad de Drenaje:

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento de la presente investigación, el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de:

$$m = 1.00$$

9° Número Estructural:

De acuerdo al ábaco de cálculo número estructural – método diseño AASHTO 93, tenemos:

$$SN = 4.35 "$$

Según la siguiente fórmula:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{Log}M_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's

Z_R = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R

S_0 = Desviación Estándar

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

SN = 4.33" (Trabajamos con este dato)

10° Coeficientes estructurales de las capas del pavimento ai:

Según cuadro presentados:

Tabla 49: Datos de coef. estructurales de las capas

a₁ =	0.17 / cm =	0.4318 plg
a₂ =	0.054 / cm =	0.13716 plg
a₃ =	0.047 / cm =	0.11938 plg

Fuente: Elaboración propia

Ecuación:

$$0.17 \times h_1 + 0.054 \times h_2 \times 1 + 0.047 \times h_3 \times 1 \geq 4.33$$

$$0.17 \times 10 + 0.054 \times 25 + 0.047 \times 28 \geq 4.33$$

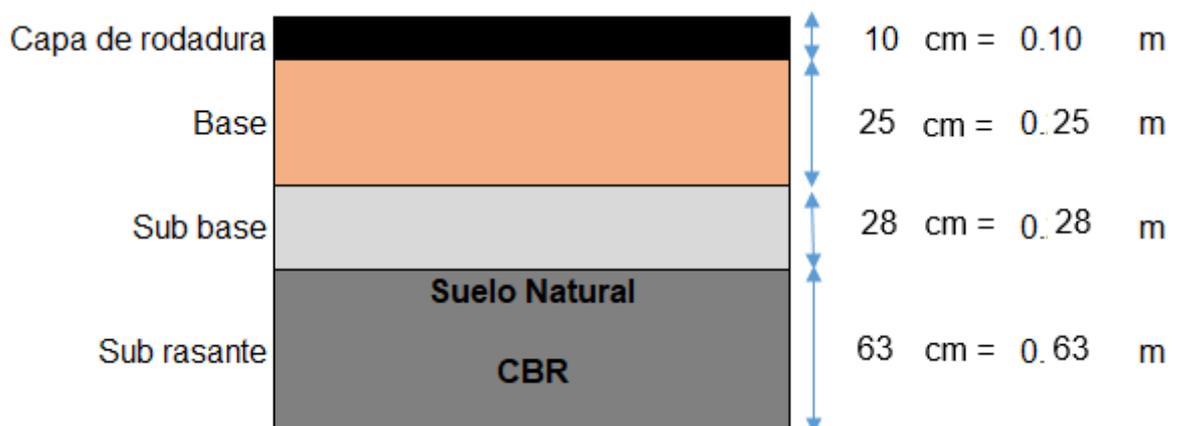
$$4.37 \geq 4.33$$

$$h_1 = 10 \text{ cm}$$

$$h_2 = 25 \text{ cm}$$

$$h_3 = 28 \text{ cm}$$

Gráfico 18: Ilustración de pavimento con espesores calculados

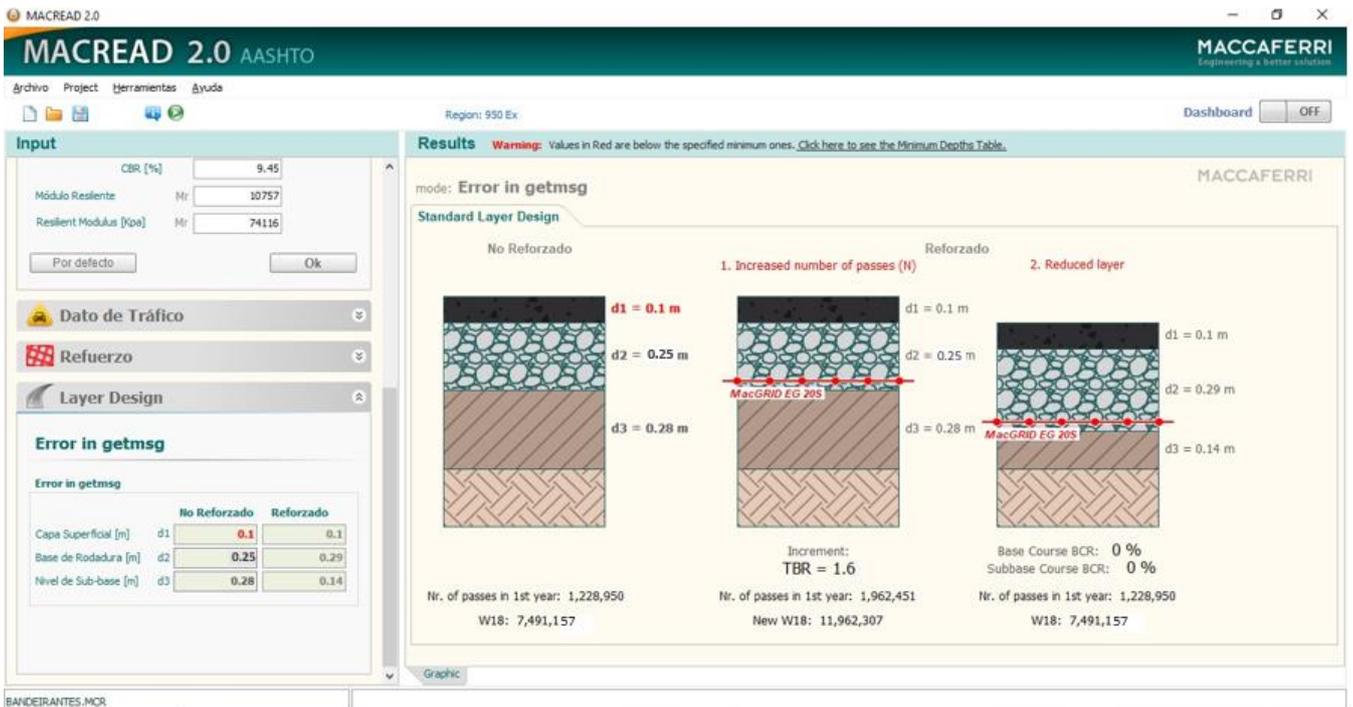


Fuente: Elaboración propia

11° Para el cálculo de los nuevos espesores mediante dos geomallas biaxiales, la cuales son: MacGRID EG 20S y MacGRID EG 30S. Así mismo, se ha determinado mediante el software MACREAD 2.0 AASHTO de la empresa MACCAFERRI:

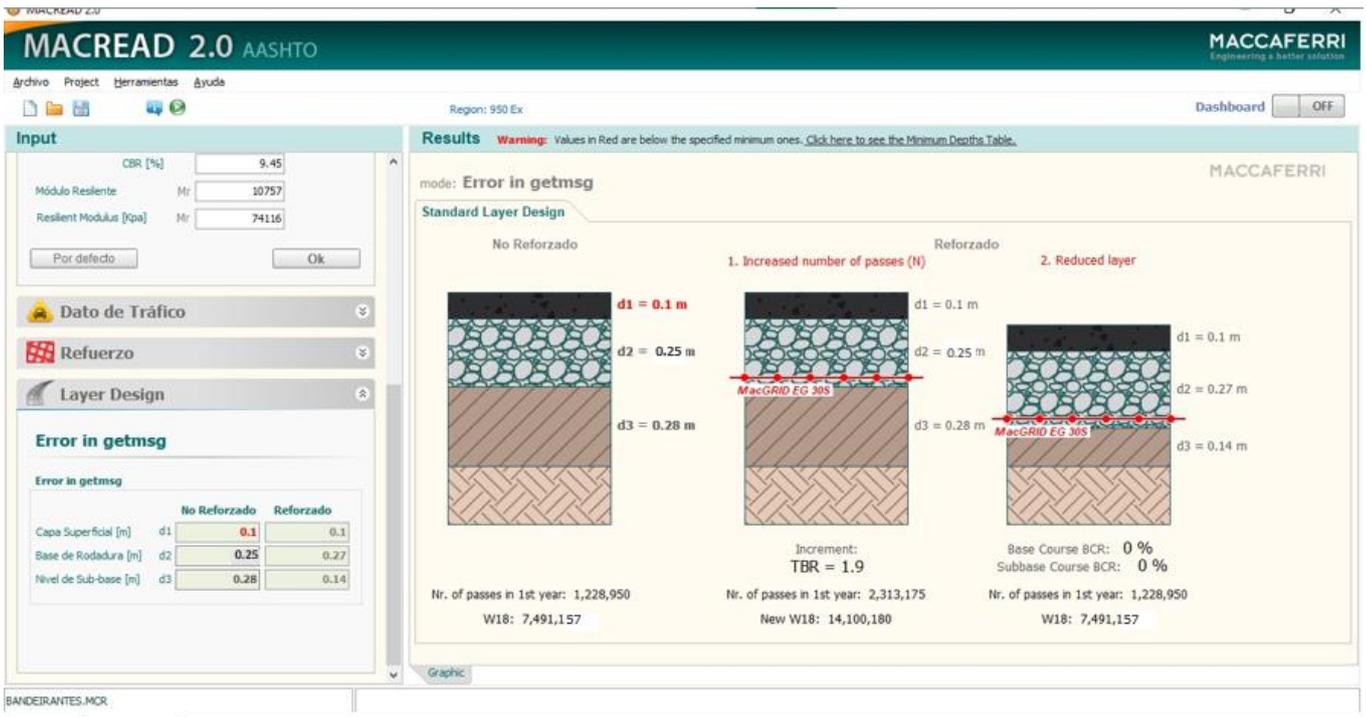
11.1° Diseño con geomalla MacGRID EG 20S:

Fotografía 2: Diseño con geomalla MacGRID EG 20S



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3: Diseño con geomalla MacGRID EG 30S



Fuente: Elaboración propia

Resumen de nuevos espesores con geomallas:

Tabla 50: Resumen de espesores con geomallas

Espesores	Geomallas biaxiales	
	MacGRID EG 20S	MacGRID EG 30S
Carpeta Asfáltica	10 cm	10 cm
Base	29 cm	27 cm
Subbase	14 cm	14 cm

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Cuarto Objetivo:

Elaborar el presupuesto del pavimento flexible considerando el uso de la geomalla en la av. Pucará en la ciudad de Trujillo.

Presupuesto sin refuerzo:

Figura 10: Presupuesto sin refuerzo

Presupuesto

Presupuesto 0201001 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV PUCARA - TRUJILLO
 Subpresupuesto 001 OBRAS PRELIMINARES
 Cliente UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO Costo al 16/02/2023
 Lugar LA LIBERTAD - TRUJILLO - FLORENCIA DE MORA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PRELIMINARES				886.12
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.52	1,704.07	886.12
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				52,801.55
02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	m3	2,096.64	3.12	6,541.52
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUPERFICIE CON EQUIPO	m2	3,328.00	3.71	12,346.88
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	2,620.80	12.94	33,913.15
03	PAVIMENTOS				281,877.94
03.01	SUB BASE GRANULAR E=0.28 m	m3	931.84	45.88	42,752.82
03.02	BASE GRANULAR E=0.25 m	m3	832.00	53.77	44,736.64
03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	3,328.00	3.59	11,947.52
03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	3,328.00	54.82	182,440.96
04	SEÑALIZACION				4,401.51
04.01	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.75x0.75 m CON POSTE	und	20.00	159.02	3,180.40
04.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS	m2	96.15	12.70	1,221.11
	Costo Directo				339,967.12

SON : TRESCIENTOS TRENTINUEVE MIL NOVECIENTOS SESENTISIETE Y 12/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia mediante S10

Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 20S:

Figura 11: Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 20S

Presupuesto					
Presupuesto	0201003	DISEÑO DEL PAVIMENTO FEXIBLE EN LA AV PUCARA - TRUJILLO			
Subpresupuesto	001	OBRAS PRELIMINARES			
Cliente		UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO	Costo al	16/02/2023	
Lugar		LA LIBERTAD - TRUJILLO - FLORENCIA DE MORA			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PRELIMINARES				886.12
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.52	1,704.07	886.12
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				46,380.17
02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	m3	1,763.84	3.12	5,503.18
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUPERFICIE CON EQUIPO	m2	3,328.00	3.71	12,346.88
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	2,204.80	12.94	28,530.11
03	PAVIMENTOS				281,470.59
03.01	SUB BASE GRABULAR E=0.14 m	m3	465.92	45.88	21,376.41
03.02	BASE GRANULAR E=0.29 m	m3	965.12	53.77	51,894.50
03.03	GEO MALLA BIAIXIAL MACGRID EG 20S	m2	3,328.00	4.29	14,277.12
03.04	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	3,328.00	3.59	11,947.52
03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	3,328.00	54.68	181,975.04
04	SEÑALIZACION				4,401.51
04.01	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.75x0.75 m CON POSTE	und	20.00	159.02	3,180.40
04.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS	m2	96.15	12.70	1,221.11
	Costo Directo				333,138.39

SON : TRESCIENTOS TRENTITRES MIL CIENTO TRENTIOCHO Y 39/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia mediante S10

Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 30S

Figura 12: Presupuesto con Geomalla MacGRID EG 30S

Presupuesto					
Presupuesto	0201002	DISEÑO DEL PAVIMENTO FEXIBLE EN LA AV PUCARA - TRUJILLO			
Subpresupuesto	001	OBRAS PRELIMINARES			
Cliente		UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO	Costo al	16/02/2023	
Lugar		LA LIBERTAD - TRUJILLO - FLORENCIA DE MORA			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PRELIMINARES				886.12
01.01	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.52	1,704.07	886.12
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				45,095.89
02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	m3	1,697.28	3.12	5,295.51
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUPERFICIE CON EQUIPO	m2	3,328.00	3.71	12,346.88
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	2,121.60	12.94	27,453.50
03	PAVIMENTOS				284,614.22
03.01	SUB BASE GRABULAR E=0.14 m	m3	465.92	45.88	21,376.41
03.02	BASE GRANULAR E=0.27 m	m3	898.56	53.77	48,315.57
03.03	GEO MALLA BIAIXIAL MACGRID EG 30S	m2	3,328.00	6.31	20,999.68
03.04	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	3,328.00	3.59	11,947.52
03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	3,328.00	54.68	181,975.04
04	SEÑALIZACION				4,401.51
04.01	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.75x0.75 m CON POSTE	und	20.00	159.02	3,180.40
04.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS	m2	96.15	12.70	1,221.11
	Costo Directo				334,997.74

SON : TRESCIENTOS TRENTICUATRO MIL NOVECIENTOS NOVENTISIETE Y 74/100 SOLES

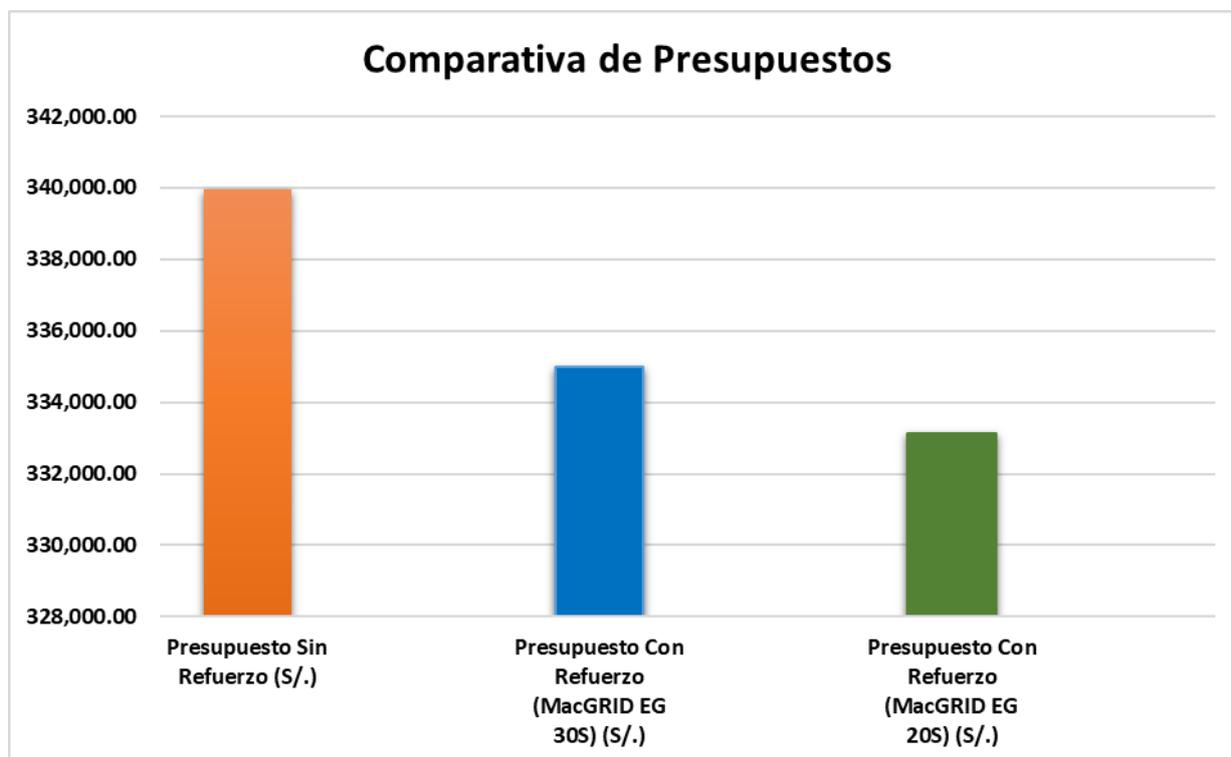
Fuente: Elaboración propia mediante S10

Tabla 51: Resumen de presupuestos sin y con refuerzos

Presupuesto Sin Refuerzo (S/.)	Presupuesto Con Refuerzo (MacGRID EG 30S) (S/.)	Presupuesto Con Refuerzo (MacGRID EG 20S) (S/.)
339,967.12	334,997.74	333,138.39

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Comparativa de Presupuestos sin y con refuerzos



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico de barras se puede observar que existe una reducción de costos del pavimento flexible utilizando las dos geomallas, con la geomalla MacGRID EG 20S tenemos una reducción de s/. 6,828.73 lo cual representa un ahorro del 2.01 %, mientras que con la geomalla MacGRID EG 30S tenemos una reducción de s/. 4,969.38 lo cual representa un ahorro del 1.52 %.

V. Discusión de resultados:

5.1. Interpretación de resultados:

1. El conteo de vehículos se realizó en 7 días calendarios, desde el día lunes 16 hasta el día domingo 22 de enero del presente año, también se calculó como periodo de diseño de 20 años, lo cual nos dio como resultado un ESAL detallado en la presente tabla.

Tabla 52. N° de ESAL de pavimento flexible

Av. Pucará	Pavimento Flexible
Nrep de EE 8.2 tn	7'491,157

Fuente: Elaboración propia

2. Para la elaboración de la investigación se realizó un estudio de suelos a nivel de subrasante.

Según (Trujillo, 2003), “en el distrito de Florencia de Mora presenta características de su suelo, formado por grandes mantas de arena eólica de grosor variable, compuesto de estratos de Arena Fina (SP), Arena Fina Limosa (SP-SM) y Limo Arcillosa (SP-SC/SM), las mismas que son permeables, de baja plasticidad y que presenta bajo contenido de humedad. Su capacidad portante bordea los 0.8 kg/cm²”. Lo cual fue confirmado al realizar el estudio de suelos mediante 3 calicatas, nos arrojó un suelo que según la clasificación SUCS y AASHTO son SP (Arena mal graduada) y A – 3 (Arena Fina, excelente a bueno) respectivamente.

Para realizar el diseño del pavimento se optó por tomar el C.B.R. de menor valor de las 3 calicatas lo cual es de 9.45%. En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados obtenidos de las 3 calicatas que son tema de estudio.

Tabla 53: Resumen de resultados CBR tramo en estudio

Calicata	Densidad Seca (g/cm³)	Humedad Óptima (%)	% M.D.S.	CBR % (0.1’)
1	1.691	9.6	95	12.11
2	1.626	8.8	95	11.96
3	1.903	9.5	95	9.45

Fuente: Elaboración propia

3. Para el diseño del paquete estructural sin reforzamiento nos apoyamos del manual del AASHTO 93 y manual de carreteras, del cual se obtuvo los siguientes espesores:

Tabla 54. Altura de espesores de capas

Capas	Altura de Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	10
Base	25
Subbase	28

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del paquete estructural reforzado con geomalla nos apoyamos mediante el software MacREAD AASHTO, lo cual obtuvimos los siguientes espesores:

Tabla 55. Altura de capas reforzadas

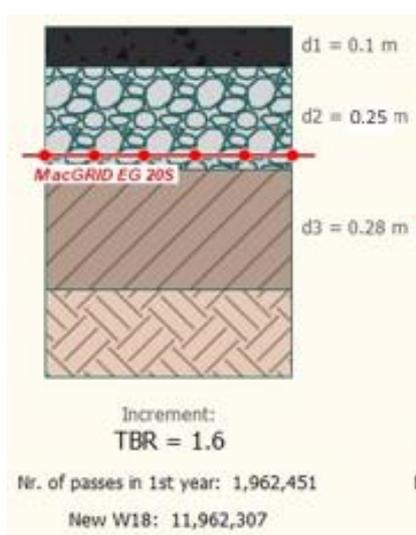
Capas	Altura de Espesor Reforzado EG20S (cm)	Altura de Espesor Reforzado EG30S (cm)
Carpeta Asfáltica	10	10
Base	27	29
Subbase	14	14

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la anterior tabla, tuvimos una reducción de espesores en la capa de subbase.

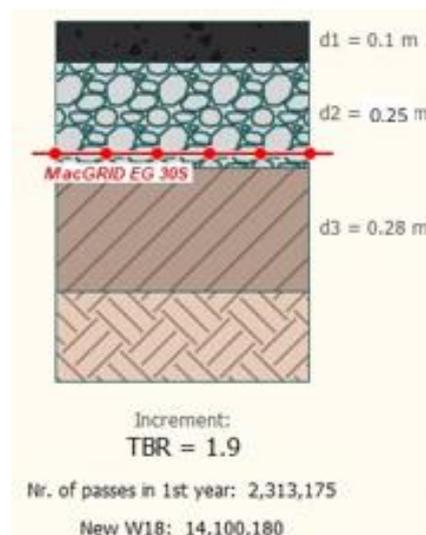
Mediante el software nos permite identificar que, si mantenemos los espesores obtenidos mediante la metodología AASHTO e insertamos una geomalla, esta soportará una mayor carga vehicular como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 13. TBR de geomalla EG20S



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. TBR de geomalla EG30S



Fuente: Elaboración propia

4. En relación a los presupuestos, podemos observar mediante la siguiente tabla una reducción de costos del 2.01% aplicando la geomalla EG20S y 1.52% aplicando la geomalla EG30S.

Tabla 56. Ahorro de presupuesto utilizando Geomallas

Presupuesto Sin Refuerzo (S/.)	Presupuesto Con Refuerzo (MacGRID EG 30S) (S/.)	Presupuesto Con Refuerzo (MacGRID EG 20S) (S/.)
339,967.12	334,997.74	333,138.39

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad los costos han alcanzado una vital importancia al momento de controlar, planificar y ejecutar los proyectos de construcción; ya que al tener un menor costo y mayor beneficio será de gran interés tanto para los clientes como para los ejecutores porque nos permitirán optimizar y garantizar todos los aspectos del proyecto tanto materiales como mano de obra. Al tener un menor costo, la obra se ejecutará en menor tiempo debido a la reducción de espesores de las capas de la estructura del pavimento.

5.2. Comparación de resultados:

Tabla 57. Comparación de resultados

Comparación		
Autor (es) de antecedentes	Resultados de autor	Resultado de investigación
Gabriel (2017)	Carpeta asfáltica de 10 cm	Carpeta asfáltica de 10 cm
Jordan y Suarez (2017)	CBR < 3 %	7 % < CBR < 20 %
Arévalo (2016)	SN = 4.43 Drenaje = 1.05	SN = 4.33 Drenaje = 1.00

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones:

- En la av. Pucará mediante el conteo de vehículos ligeros y pesados se obtuvo un ESAL de 7'491,157.00 para una vía de doble sentido. Aplicando el software MacREAD AASHTO nos permite identificar que al mantener los espesores obtenidos mediante la metodología AASHTO e insertando una geomalla entre la base y la subbase, esta soportará una mayor carga vehicular en el pavimento flexible, según la fotografía 2 se va a obtener un beneficio de un T.B.R. de 1.6 (ESAL de 11'962,307) para las geomallas MacGRID EG 20S y según la fotografía 3, se va a obtener un beneficio de un T.B.R. de 1.9 (ESAL de 14'100,180) para las geomallas MacGRID EG 30S.
- El tipo de muestra de las 3 calicatas, mediante ensayo de análisis granulométrico por tamizado se obtuvo un tipo de muestra mediante AASHTO es A – 3 (Arena Fina) y mediante SUCS (SP), con bajo contenido de humedad y con una C.B.R. de 9.45%.
- Con la aplicación de la geomalla hubo reducción de espesores en el pavimento flexible, dado que mediante la metodología AASHTO se obtuvo una altura de 63 cm (10 cm de carpeta asfáltica, 25 cm de base y 28 cm de subbase) y con la aplicación de las geomallas mencionadas se obtuvieron alturas de 51 cm (10 cm de carpeta asfáltica, 27 cm de base y 14 cm de subbase) y 53 cm (10 cm de carpeta asfáltica, 29 cm de base y 14 cm de subbase). Teniendo su mayor influencia en la subbase.
- Con respecto al análisis de costos, se determinó que utilizando la geomalla MacGRID EG 20S reduce el costo de construcción en un 2.01%, mientras que con la geomalla MacGRID EG 30S reduce un 1.46% según se presenta en la Tabla N° 48: Resumen de presupuestos sin y con refuerzos.
- La muestra está conformada por el total de 520 m de la av. Pucará. Departamento La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito Florencia de Mora.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar estudios de suelos para poder identificar el C.B.R. de la subrasante para la obtención de un valor óptimo del Módulo Resiliencia (MR).
- Se recomienda el uso de la geomallas biaxiales o triaxiales como refuerzo a nivel de base y subbase para suelos con C.B.R. regular y como refuerzo a nivel de subbase y subrasante con C.B.R. pobre, lo que nos permitirá reducir los espesores del pavimento y reducir los costos.
- En el Perú no existe una norma que establezca las construcciones con geotextiles. Además, no hay muchas obras de construcciones viales con la aplicación de geomallas, por lo tanto, se recomienda la creación de una norma porque gracias a las propiedades que esta presenta, es necesario su aplicación para garantizar y se pueda cumplir con la vida útil del pavimento flexible.
- Con relación a los costos se recomienda aplicar la geomalla porque reduce la cantidad de materiales y a su vez el tiempo de aplicación de la misma reduce la duración del proyecto. Además, es un material económico.
- Se recomienda verificar que la instalación de la geomalla sea en óptimas condiciones y sobre todo supervisar el proceso constructivo para evitar que esta reduzca su resistencia.

Referencias Bibliográficas:

- AASHTO. (1998). DISEÑO DE PAVIMENTO METODO AASHTO 93 ESPAÑOL. 3.
- Caballeros, E. (2006). Utilización De La Geomalla Como Refuerzo De La Estructura Del Pavimento Flexible. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cáceres, L. (25 de Octubre de 2017). Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS).
- Calvarano, L., Leonardi, G., & Palamara, R. (2017). Modelo de elementos de un camino sin pavimentar reforzado con geosintéticos. ScienceDirect.
- Consulting, G. (s.f.). *Mecánica Suelos ABC*. Obtenido de <https://www.mecanicasuelosabcchile.com/clasificacion-sucs/>
- Gamboa, R. (2013). *El mal estado de los pavimentos y su efecto en tránsito vehicular distrito de*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/joelvillalobos35/tesina-ingenieria-civil>
- GAVILANES, N. (2012). Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintético aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua- La Maná. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Leonardi, G., & Palamara, R. (2017). *Finite element modelling of flexible pavement reinforced with geogrid*. University of Reggio Calabria.
- Mejia, M. (2014). PROYECTOS Y APUNTES TEORICO PRACTICOS DE LA INGENIERIA. *Curso diseño de pavimentos flexibles*. México. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com>
- MENEDEZ, J. (2016). *Ingeniería de pavimentos tomo 3*. Perú: Instituto Nacional y Gerencia.
- Miranda Ramos, E. C. (21 de Junio de 2019). DISEÑO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAXIAL; PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA – ONGON. PROVINCIA DE PATAZ LA LIBERTAD. Trujillo, Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Orrego Cabanillas, D. (2014). Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. PUCP.

- Perkins, S. (1999). *Mechanical Response of Geosynthetic Reinforced Flexible pavements* (Vol. VI). Geosynthetics International.
- Rico Rodriguez, A., & Del Castillo, H. (1984). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres* (Vol. II). Limusa.
- Shih-Hsie, Y. (2006). *Effectiveness of Using Geotextiles in Flexible Pavements: Life-Cycle Cost Analysis*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Texdelta. (s.f.). *Texdelta*. Obtenido de <https://texdelta.com/blog/geomallas/>
- Trujillo, M. P. (Agosto de 2003). *eudora vivienda*. Obtenido de https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PYED_MUNICIPALIDADES/TRUJILLO/ESQUEMA_DIRECTOR_2003.pdf
- Valenzuela Rodriguez, J. (1993). *Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexibles*. Universidad de Sonora.
- Vargas Jiménez, J., Moncayo Theurer, M., Córdova Rizo, J., Maza, C., Barzola Zambrano, I., Velasco Cevallos, G., . . . Lucio, S. (31 de Mayo de 2017). *La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*. (R. A.-U. Ingeniería, Ed.)
- Vargas Jimenez, J., Moncayo, T. M., Córdova Rizo, J., Maza, C., Barzola Zambrano, I., Velasco Cevallos, G., . . . Guzhñay, J. (31 de Mayo de 2017). *redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006.pdf>
- Vialidad y Transporte Latinoamericano. (2014). *Vialidad y Transporte*. Obtenido de <http://vialidadytransporte.com/noticia/15-importancia-geomallas-construccion-carreteras>

Anexos:





**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	AV. PUCARÁ
SENTIDO	UNICO (ESTE - SUR) LARRY
UBICACIÓN	FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - TRUJILLO

ESTACION	INTERSECCION AV. EL PROGRESO - 29 DE JUNIO			
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	JUEVES	19	1	2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRAMA VEHICULO																				
7:00 - 7:15	29	6	7	0	10	1	0	0	3	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	
7:15 - 7:30	38	10	7	0	6	0	0	0	6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	
7:30 - 7:45	25	6	12	0	14	0	0	0	2	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	
7:45 - 8:00	32	4	10	0	8	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8:00 - 8:15	38	7	10	0	9	0	0	0	2	1	2	1	0	1	0	0	1	0	0	
8:15 - 8:30	23	6	9	0	9	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
8:30 - 8:45	37	10	11	1	11	0	0	0	3	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	
8:45 - 9:00	38	8	7	0	8	1	0	0	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	
9:00 - 9:15	34	10	11	0	8	0	0	0	4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	
9:15 - 9:30	28	9	10	0	15	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
9:30 - 9:45	25	7	11	1	7	0	0	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	
9:45 - 10:00	29	9	11	1	14	0	0	0	2	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	
10:00 - 10:15	34	9	6	0	6	1	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	21	4	7	0	9	0	0	0	1	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	31	8	12	0	7	0	0	0	5	3	3	1	1	0	1	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	28	5	3	0	11	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	32	4	2	0	7	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	18	8	7	1	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	20	6	4	0	9	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	24	7	3	0	10	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	26	2	10	1	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	22	1	2	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:30 - 12:45	35	4	6	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 01:00	27	3	4	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

01:00 - 01:15	17	5	3	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
01:15 - 01:30	20	3	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:30 - 01:45	18	6	2	0	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:45 - 02:00	21	3	3	0	8	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 - 02:15	24	10	8	0	4	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02:15 - 02:30	26	6	7	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:30 - 02:45	17	10	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:45 - 03:00	23	7	12	0	11	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 - 03:15	21	4	9	0	10	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
03:15 - 03:30	18	5	12	0	10	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
03:30 - 03:45	31	8	3	0	10	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
03:45 - 04:00	23	2	6	0	5	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 - 04:15	31	3	2	0	10	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
04:15 - 04:30	24	8	9	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:30 - 04:45	32	4	4	0	11	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
04:45 - 05:00	25	4	11	0	6	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 - 05:15	25	2	5	0	9	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
05:15 - 05:30	23	2	5	0	11	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:30 - 05:45	20	8	10	0	11	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
05:45 - 06:00	30	8	4	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 05:15	19	2	4	0	4	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
06:15 - 05:30	22	6	12	0	9	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06:30 - 05:45	26	3	8	0	11	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06:45 - 07:00	29	8	8	0	6	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DIA	1259.00	280.00	342.00	6.00	407.00	5.00	0.00	0.00	88.00	56.00	57.00	6.00	11.00	9.00	9.00	1.00	1.00	0.00	0.00

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	AV. PUCARÁ
SENTIDO	UNICO (SUR - ESTE) CARLOS
UBICACIÓN	FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - TRUJILLO

ESTACION	INTERSECCION AV. EL PROGRESO - 29 DE JUNIO			
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	JUEVES	19	1	2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRAMA VEHICULO																			
7:00 - 7:15	34	4	2	0	15	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0
7:15 - 7:30	29	5	6	0	14	0	0	0	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
7:30 - 7:45	26	2	2	0	14	0	0	0	5	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
7:45 - 8:00	21	3	9	0	15	0	0	0	5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
8:00 - 8:15	31	4	8	0	14	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:15 - 8:30	33	5	6	1	7	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
8:30 - 8:45	20	4	6	0	13	0	0	0	4	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0
8:45 - 9:00	28	3	3	0	14	0	0	0	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
9:00 - 9:15	25	4	10	0	12	0	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
9:15 - 9:30	29	5	8	0	12	0	0	0	5	3	2	1	0	1	1	0	1	0	0
9:30 - 9:45	26	4	8	0	8	0	0	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
9:45 - 10:00	27	3	10	0	11	0	0	0	6	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
10:00 - 10:15	33	2	3	0	8	0	0	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	36	3	6	0	7	0	0	0	5	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	25	3	9	0	12	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	26	4	3	2	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	35	5	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	30	2	2	0	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	26	4	6	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	21	2	10	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	30	5	9	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	36	5	6	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	37	5	3	0	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 01:00	37	2	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

01:00 - 01:15	33	5	9	0	14	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
01:15 - 01:30	36	4	7	0	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
01:30 - 01:45	32	3	4	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:45 - 02:00	24	4	3	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 - 02:15	32	4	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:15 - 02:30	33	3	5	1	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:30 - 02:45	33	2	6	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02:45 - 03:00	22	5	7	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 - 03:15	21	4	5	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:15 - 03:30	32	3	7	0	14	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:30 - 03:45	27	4	9	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:45 - 04:00	27	4	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 - 04:15	25	4	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
04:15 - 04:30	36	2	5	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
04:30 - 04:45	20	3	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:45 - 05:00	27	2	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 - 05:15	36	5	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
05:15 - 05:30	28	3	4	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
05:30 - 05:45	22	2	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:45 - 06:00	26	4	8	0	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 05:15	27	5	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:15 - 05:30	33	3	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:30 - 05:45	28	5	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:45 - 07:00	22	2	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DIA	1383.00	173.00	297.00	5.00	486.00	0.00	0.00	0.00	61.00	26.00	20.00	10.00	12.00	10.00	9.00	1.00	3.00	0.00	1.00

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	AV. PUCARÁ
SENTIDO	UNICO (ESTE - SUR)
UBICACIÓN	FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - TRUJILLO

ESTACION	INTERSECCION AV. EL PROGRESO - 29 DE JUNIO			
CODIGO DE LA ESTACION				
DIA Y FECHA	JUEVES	19	1	2023

DIA	FECHA	SENTIDO	AUTO (AT1)	STATION WAGON (SW2)	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				PESADO				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRAMA VEHICULO																						
LUNES		IDA	1259	280	342	6	407	5	0	0	88	56	57	6	11	9	9	1	1	0	0	
		VUELTA	1383	173	297	5	486	0	0	0	61	26	20	10	12	10	9	1	3	0	1	
		AMBOS	2642	453	639	11	893	5	0	0	149	82	77	16	23	19	18	2	4	0	1	
MARTES		IDA	1004	235	332	5	390	4	0	0	80	44	46	5	5	6	7	1	0	1	0	
		VUELTA	1290	210	245	4	410	1	0	0	72	20	32	8	4	8	6	1	0	1	0	
		AMBOS	2294	445	577	9	800	5	0	0	152	64	78	13	9	14	13	2	0	2	0	
MIERCOLES		IDA	1321	276	335	5	398	3	0	0	50	43	48	4	6	4	6	1	1	0	0	
		VUELTA	1504	240	301	1	403	2	0	0	62	65	37	4	5	5	8	1	2	0	0	
		AMBOS	2825	516	636	6	801	5	0	0	112	108	85	8	11	9	14	2	3	0	0	
JUEVES		IDA	1512	268	292	1	370	2	0	0	90	68	96	10	7	9	7	1	1	0	0	
		VUELTA	1448	201	223	3	366	1	0	0	99	97	66	9	6	5	8	2	0	0	1	
		AMBOS	2960	469	515	4	736	3	0	0	189	165	162	19	13	14	15	3	1	0	1	
VIERNES		IDA	1288	178	268	1	333	1	0	0	74	75	71	8	8	5	7	0	0	2	0	
		VUELTA	1713	219	221	1	364	3	0	0	61	83	64	5	10	9	8	2	0	1	0	
		AMBOS	3001	397	489	2	697	4	0	0	135	158	135	13	18	14	15	2	0	3	0	
SABADO		IDA	1473	293	326	1	339	2	0	0	91	87	64	5	9	6	5	1	1	0	1	
		VUELTA	1742	304	228	0	424	0	0	0	82	72	62	9	9	7	6	0	1	1	0	
		AMBOS	3215	597	554	1	763	2	0	0	173	159	126	14	18	13	11	1	2	1	1	
DOMINGO		IDA	860	152	145	0	65	0	0	0	44	37	42	8	5	7	7	0	1	0	0	
		VUELTA	620	135	98	0	88	1	0	0	32	56	34	10	8	7	10	0	0	1	0	
		AMBOS	1480	287	243	0	153	1	0	0	76	93	76	18	13	14	17	0	1	1	0	
TOTAL DIA			18417.00	3164.00	3653.00	33.00	4843.00	25.00	0.00	0.00	986.00	829.00	739.00	101.00	105.00	97.00	103.00	12.00	11.00	7.00	3.00	

Conteo de Vehículos Av. Pucara:



Calicata 1, 2 y 3:



Medición de Calicatas 1 y 2 (h = 1.50 m):



Medición de Calicata 3 (h = 1.40 m):



Ensayo de Laboratorio (Análisis Granulométrico por Tamizado):







Ensayo de Laboratorio (Proctor Modificado):



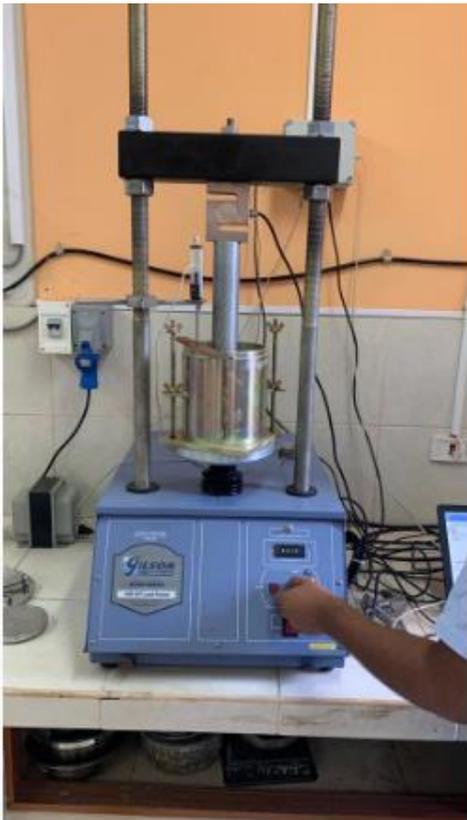
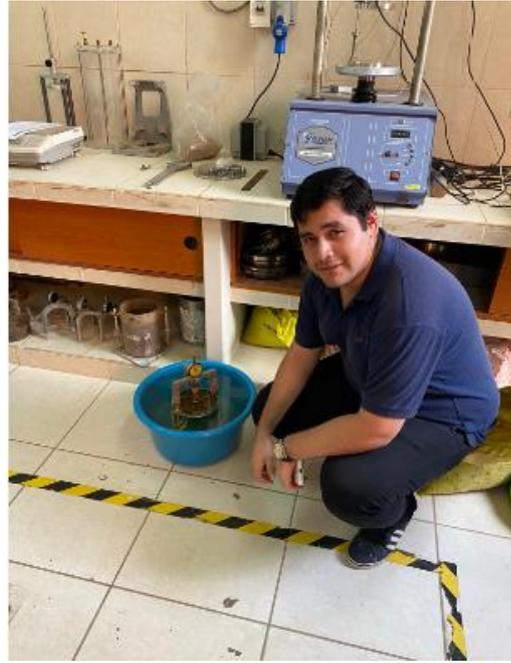


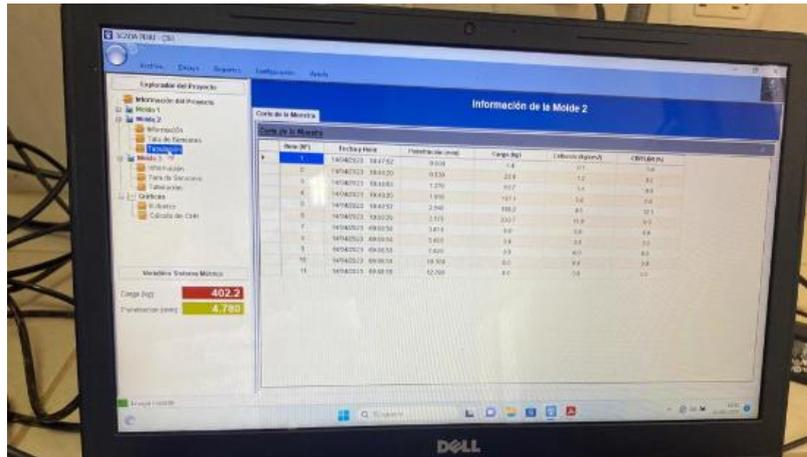


Ensayo de C.B.R.









CBR	 UPAO	Informe N°: 01
		Fecha: 15/02/2023
DATOS DEL PROYECTO		
Nombre del Proyecto	Utilización de la Geomalla como refuerzo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible en la Av. Pucará - Trujillo	
Número del Proyecto	1	
Ubicación de la Muestra	Av. Pucará, Florencia de Mora - Trujillo	
Solicitante	CARLOS CHAVEZ ARGOMEDO	
Número de Trabajo	1	
Número de Muestra	1	
Descripción de la Muestra	Arena Fina	
Fecha de Muestreo	15/02/2023	
Tiempo de Muestreo	15 min	
Fecha de Recepción de la Muestra	15/02/2023	
Hora de Recepción	09:15:00	
Número de Golpes	1	
Observaciones	NINGUNA	

DATOS GENERALES DE LOS MOLDES								
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3					
Descripción	ARENA FINA 12 GOLPES	ARENA FINA 26 GOLPES	ARENA FINA 56 GOLPES					
Profundidad	1.5	1.5	1.5					
Procedimiento	NTP 339.145	NTP 339.145	NTP 339.145					
Método	CBR	CBR	CBR					
Tipo de Muestra	Remoldeado	Remoldeado	Remoldeado					
Fecha de Moldeo	15/02/2023	15/02/2023	15/02/2023					
Fecha de Prueba	15/02/2023	15/02/2023	15/02/2023					
Límite Líquido	0	0	0					
Límite Plástico	0	0	0					
Peso Suplemento (g)	0	0	0					
Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.628	1.628	1.628					
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.4	8.4	8.4					
Número de Golpes	12	26	56					
Observaciones	0	0	0					
DATOS DE PENETRACIÓN								
MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
Penetración (mm)	Esf. Cort. (kg/Cm2)	CBR (%)	Penetración (mm)	Esf. Cort. (kg/cm2)	CBR (%)	Penetración (mm)	Esf. Cort. (kg/cm2)	CBR (%)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000
0.630	1.469	0.000	0.630	1.234	0.000	0.630	1.258	0.000
1.270	2.893	0.000	1.270	3.087	0.000	1.270	3.849	0.000

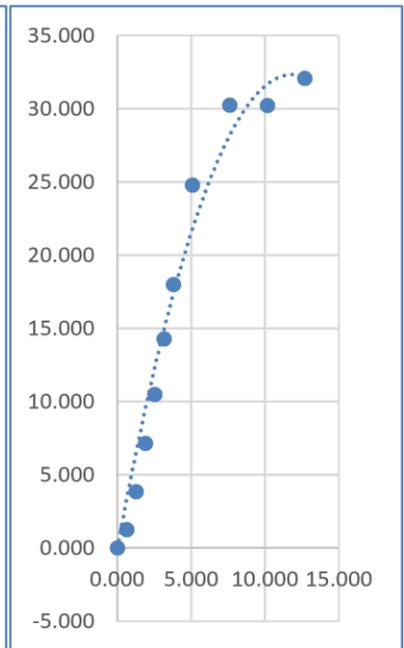
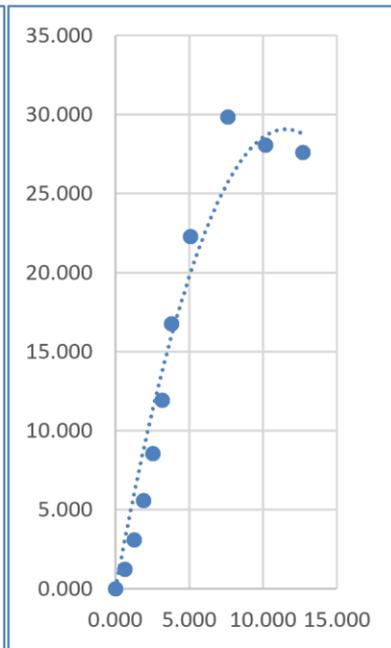
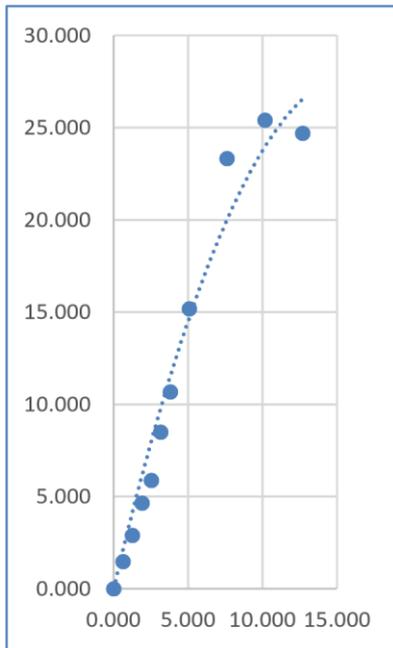
1.910	4.639	0.000	1.910	5.567	0.000	1.910	7.152	0.000
2.540	5.864	8.340	2.540	8.538	12.143	2.540	10.482	14.908
3.170	8.484	0.000	3.170	11.924	0.000	3.170	14.278	0.000
3.810	10.664	0.000	3.810	16.755	0.000	3.810	17.987	0.000
5.080	15.185	14.399	5.080	22.268	21.115	5.080	24.786	23.503
7.620	23.320	0.000	7.620	29.843	0.000	7.620	30.235	0.000
10.160	25.403	0.000	10.160	28.057	0.000	10.160	30.216	0.000
12.700	24.696	0.000	12.700	27.587	0.000	12.700	32.062	0.000

CBR	 UPAO	Informe	01
		N°:	
		Fecha:	15/02/2023

EC: 12 GOLPES

EC: 26 GOLPES

EC: 56 GOLPES



DATOS DE COMPACTACIÓN

	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
Peso de suelo húmedo + Tara (g)	329.700	329.100	358.000
Peso de suelo seco + Tara (g)	312.400	312.900	340.200
Peso de Tara (g)	129.700	146.500	158.000
Volumen del Suelo Compactado (cm ³)	2316.672	2316.672	2316.672
Contenido de humedad (%)	9.469	9.736	9.769

Peso de molde + Suelo compactado (g)	10969.000	11237.000	11264.800
Peso de molde	6946.000	7000.000	6946.000
Peso de suelo compactado (g)	4023.000	4237.000	4318.800
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.737	1.829	1.864
Densidad seca (g/cm ³)	1.586	1.667	1.698

METODO DE COMPACTACION ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (g/cm³): 1.698

Optimo Contenido de Humedad (%): 8.400

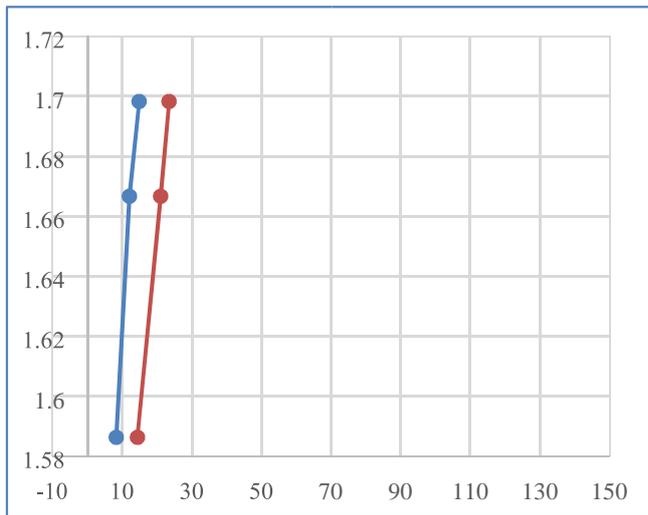
95% Máxima Densidad Seca (g/cm³): 1.613

CBR al 100% de MDS (0.1"):	14.908
CBR al 100% de MDS (0.2"):	23.503
CBR al 95% de MDS (0.1"):	9.131
CBR al 95% de MDS (0.2"):	16.759

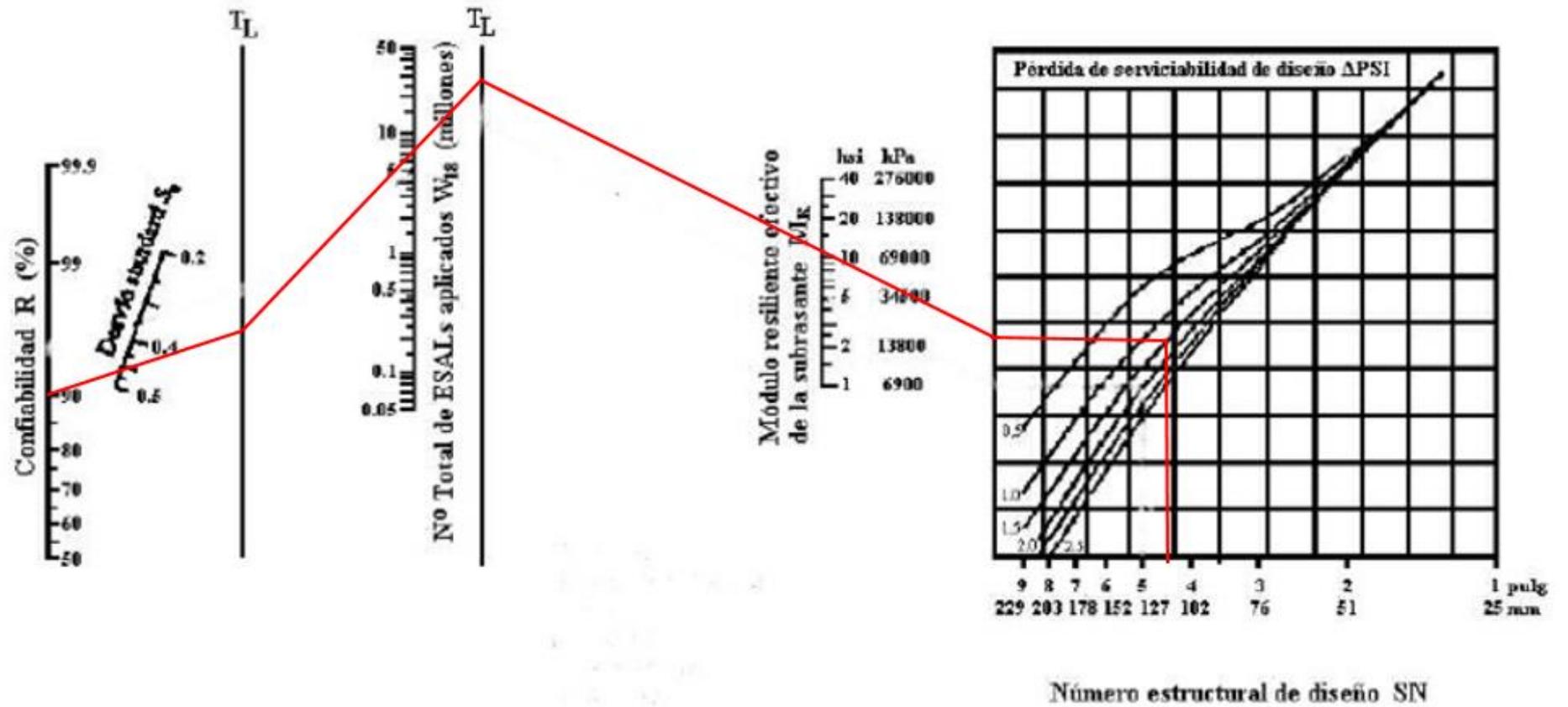
RESULTADOS:

Valor CBR al 100% de MDS: 23.503

Valor CBR al 95% de MDS: 16.759



Ábaco para determinar N.E. por método AASHTO:



Cotización de Geomallas MacGRID EG 20S y EG 30S

MACCAFERRI

AMERICA LATINA

Engineering a Better Solution

DESCRIPCIÓN DE PRECIOS					
Cantidad	Unid.	Descripción de los Materiales	Precio Unitario	% IGV	Precio Total con IGV
2,172.50	Metro cuadrado	Geomalla MacGrid EGB 20 (3.95x50)	US\$ 0.94	18.00	US\$ 2,409.74
2,172.50	Metro cuadrado	Geomalla MacGrid EGB 30 (3.95x50)	US\$ 1.45	18.00	US\$ 3,717.15
Valor total:					US\$ 6,126.88

CONDICIONES COMERCIALES	
Forma de Pago:	Factura Contado
Plata:	Puesto en fábrica
Impuestos:	18 % IGV
Entrega:	E inmediata, puesto en Planta Maccaferri, Lurin - Lima, km33 de la Nueva Panamericana Sur.
Validez:	7 Días
Transporte:	Por parte del cliente.

OBSERVACIONES

- De ser aceptada la cotización, favor emitir la Orden de Compra a Nombre de: MACCAFERRI CONSTRUCTION S.A.C. con RUC 20821749378
- Depósito en cuenta en dolares n°. BCP 194-1781170-1-25 a Nombre de MACCAFERRI CONSTRUCTION S.A.C.
- El Cliente y Transportista deberán traer su guía de remisión al recojo del material.

Análisis de P.U. sin refuerzo:

Análisis de precios unitarios

Presupuest	020100	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV PUCARA - TRUJILLO		Fecha presupuesto	16/02/2023	
Subpresupuest	001	OBRAS PRELIMINARE S				
Partida	01.01	TRAZO Y REPLANTEO				
Rendimiento	km/DIA	MO. 0.2500	EQ. 0.2500	Costo unitario directo por :	km	1,704.07
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
010103000000	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	32.0000	14.57	466.24
010103000300	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA Recorte rectangular	día	4.0000	16.0000	10.88	174.08
						640.32
	Materiales					
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		7.7000	1.00	7.70
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2000	41.53	8.31
						16.01
	Equipos					
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	día	1.0000	4.0000	56.85	227.40
030100001100	TEODOLITO	día	1.0000	4.0000	120.28	481.12
0301000014	MIRAS	día	2.0000	8.0000	15.36	122.88
0301000015	JALONES	día	4.0000	16.0000	11.52	184.32
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	640.32	32.02
						1,047.74
Partida	02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por :	m3	3.12
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	15.24	0.03
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0020	10.88	0.02
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0200	9.89	0.20
						0.25
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	0.25	0.01
030118000200	TRACTOR DE ORUGAS CAT D&D	hm	1.0000	0.0100	285.89	2.86
						2.87
Partida	02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUPERFICIE CON EQUIPO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por :	m2	3.71
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0400	9.89	0.40
						0.40
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	0.40	0.02
030110000600	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	1.0000	0.0100	111.85	1.12
030120000100	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0100	190.80	1.91
						3.05
	Subpartidas					
010703081102	TRANSPORTE DE AGUA	m3		0.0125	20.58	0.26
						0.26
Partida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 137.5000	EQ. 137.5000	Costo unitario directo por :	m3	12.94
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Equipos					
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	1.0000	0.0582	222.32	12.94
						12.94

Partida	03.01	SUB BASE GRANULAR E=0.28 m			Costo unitario directo por : m3			45.88
Rendimiento	m3/DIA	M.O. 650.0000	EQ. 650.0000					
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0123	15.24	0.19		
0101010003	OPERARIO	hh	0.8125	0.0100	13.78	0.14		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0123	10.88	0.13		
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0738	9.89	0.73		
							1.19	
Materiales								
020704000100	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	m3		1.2500	32.00	40.00		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0125	10.00	0.13		
							40.13	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	1.19	0.04		
030119000200	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC LISO CA-15	hm	1.0000	0.0123	176.59	2.17		
030120000100	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0123	190.80	2.35		
							4.56	

Partida	03.02	BASE GRANULAR E=0.25 m			Costo unitario directo por : m3			53.77
Rendimiento	m3/DIA	M.O. 140.0000	EQ. 140.0000					
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.2288	9.89	2.28		
							2.26	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	2.26	0.11		
030110000600	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	1.0000	0.0571	111.85	6.39		
030120000100	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0571	190.80	10.89		
							17.39	
Subpartidas								
010703081102	TRANSPORTE DE AGUA	m3		0.0125	20.58	0.26		
010718010101	MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3		1.2500	27.09	33.88		
							34.12	

Partida	03.03	IMPRIMACION ASFALTICA			Costo unitario directo por : m2			3.59
Rendimiento	m2/DIA	M.O. 5,700.0000	EQ. 5,700.0000					
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0014	15.24	0.02		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0014	10.88	0.02		
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0084	9.89	0.08		
							0.12	
Materiales								
0201040002	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0450	12.22	0.55		
020105000100	ASFALTO RC-250	gal		0.2550	10.25	2.61		
							3.16	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.12			
030118000100	TRACTOR DE TIRO FIAT 55.58DT	hm	0.7125	0.0010	77.50	0.08		
030122000800	CAMION IMPRIMADOR 8X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0014	108.45	0.15		
030139000500	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1.0000	0.0014	58.38	0.08		
							0.31	

Partida	03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2			54.82	
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	15.24	0.06		
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0080	13.78	0.11		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	10.88	0.04		
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0320	9.89	0.32		
							0.53	
Materiales								
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		0.1200	434.62	52.15		
							52.15	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.53	0.02		
0301190002	RODILLO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.0040	176.59	0.71		
030119000200	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC LISO CA-25	hm	1.0000	0.0040	176.59	0.71		
030139000200	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 89 HP 10-16"	hm	1.0000	0.0040	175.95	0.70		
							2.14	

Partida	04.01	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.75x0.75 m CON POSTE						
Rendimiento	und/DI	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			159.02	
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	13.78	13.78		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	10.88	21.76		
							35.54	
Materiales								
021802000100	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE G-2 8" X 1/2"	und		2.0000	0.70	1.40		
0263120001	POSTES DE CONCRETO PARA SEÑALES	und		1.0000	35.20	35.20		
026711000400	SEÑALES REGLAMENTARIAS 75 X 75 cm	und		1.0000	85.10	85.10		
							121.70	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	35.54	1.78		
							1.78	

Partida	04.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 160.0000	EQ. 160.0000	Costo unitario directo por : m2			12.70	
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0500	13.78	0.69		
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1000	9.89	0.99		
							1.68	
Materiales								
0240060005	PINTURA PARA TRAFICO STANDAR	gal		0.1250	54.62	6.83		
0240060009	MICROESFERAS DE VIDRIO	kg		0.1500	7.29	1.09		
0240080015	SOLVENTE DE PINTURA DE TRAFICO	gal		0.0250	36.86	0.92		
							8.84	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	1.68	0.08		
030112000200	ROCIADOR DE PINTURA	hm	1.0000	0.0500	41.95	2.10		
							2.18	

Análisis de P.U. con Geomalla MacGRID EG 20S:

Partida	03.03	GEOMALLA BIAXIAL MACGRID EG 20S					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : m2			4.29
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.8750	0.0100	15.24	0.15	
0101010005	PEON	hh	3.5000	0.0400	9.89	0.40	
						0.55	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.55	0.02	
						0.02	
Subcontratos							
0409080001	SC GEOTEXTIL	m2		1.0300	3.61	3.72	
						3.72	

Análisis de P.U. con Geomalla MacGRID EG 30S

Partida	03.03	GEOMALLA BIAXIAL MACGRID EG 30S					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : m2			6.31
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.8750	0.0100	15.24	0.15	
0101010005	PEON	hh	3.5000	0.0400	9.89	0.40	
						0.55	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.55	0.02	
						0.02	
Subcontratos							
0409080001	SC GEOTEXTIL	m2		1.0300	5.57	5.74	
						5.74	



Trujillo, 19 de diciembre del 2022

RESOLUCIÓN N° 2449-2022-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado **"UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFUERZO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PUCARÁ - TRUJILLO"**, de los Bachilleres: **CHÁVEZ ARGOMEDO, CARLOS ARTURO y VERAEO BENITES, LARRY GIOVANNY**, del Programa de Estudio de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Dr. ENRIQUE LUJAN SILVA**, Presidente; **Ing. CARMEN GELDRES SANCHEZ**, Secretario; **Ing. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme, y;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **CHÁVEZ ARGOMEDO, CARLOS ARTURO y VERAEO BENITES, LARRY GIOVANNY**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: **"UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFUERZO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PUCARÁ - TRUJILLO"**.

TERCERO: COMUNICAR a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y sustentar su Tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Dr. Ángel Alanca Quenta
DECANO

C. Copia
☑ Archivo
☑ Programa de Estudio de Ingeniería Civil
☑ A.A.Q./^o Karin