



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA GEOMALLA EN EL DISEÑO DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VÍA DE EVITAMIENTO
NORTE – CAJAMARCA, 2017.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bachiller: Wilmer Díaz Chuquimango

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	17
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases Teóricas	19
2.2.1. <i>Reseña histórica de las geomallas en particular</i>	19
2.2.1.1. <i>Clasificación de las geomallas:</i>	20
2.2.2. <i>Uso de geomallas como refuerzo de pavimentos</i>	24
2.2.3. <i>Mecanismos de refuerzo de las geomallas</i>	26
2.2.4. <i>Características de las geomallas</i>	28
2.2.5. <i>Beneficios obtenidos con el uso de geomallas</i>	31
2.2.6. <i>Metodologías de diseño</i>	33
2.2.6.1. <i>Ensayos de laboratorio</i>	33
2.2.6.2. <i>Método AASHTO para diseño de pavimento flexible convencional</i>	35
2.2.6.3. <i>Método AASHTO para diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas coextruídas Tenax</i>	45
2.3. Definición de términos básicos.....	52
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS	53
3.1. Formulación de la hipótesis	53
3.2. Operacionalización de variables	53
3.2.1. <i>Variable independiente</i>	53
3.2.2. <i>Variable dependiente</i>	53
3.2.3. <i>Operacionalización</i>	53
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	54
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	54
4.1.1. <i>Según el propósito</i>	54
4.1.2. <i>Según el diseño de investigación</i>	54
4.2. Material.....	54

4.2.1.	<i>Unidad de estudio.</i>	54
4.2.2.	<i>Población.</i>	54
4.2.3.	<i>Muestra.</i>	54
4.3.	Métodos.	55
4.3.1.	<i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i>	55
4.3.1.1.	<i>Para recolectar datos</i>	55
4.3.1.2.	<i>Para analizar información.</i>	56
4.3.2.	<i>Procedimientos</i>	56
CAPÍTULO 5. DESARROLLO		57
5.1.	Descripción de la zona de estudio	57
5.1.1.	<i>Ubicación</i>	57
5.1.2.	<i>Descripción</i>	58
5.2.	Estudio de tráfico	59
5.3.	Estudio de mecánica de suelos.	60
5.3.1.	<i>Extracción de muestras.</i>	60
5.3.2.	<i>Ensayos de laboratorio.</i>	62
CAPÍTULO 6. RESULTADOS		69
6.1.	Resultados obtenidos de los estudios de mecánica de suelos	69
6.2.	Resultados obtenidos del estudio de tráfico	71
6.3.	Diseño de pavimentos	75
6.3.1.	<i>Diseño de pavimento por el método convencional</i>	75
6.3.2.	<i>Diseño de pavimento reforzado, usando geomalla Tenax Ibo 202.</i>	76
6.3.3.	<i>Diseño de pavimento reforzado, usando geomalla Tenax Ibo 302.</i>	77
6.4.	Comparación técnica	78
6.5.	Comparación económica	81
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN		85
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES		87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Propiedades de la geomalla biaxial que afectan su comportamiento.....	29
Tabla N° 2. Niveles de confiabilidad.....	36
Tabla N° 3. Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura.....	44
Tabla N° 4. Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura.....	44
Tabla N° 5. Operacionalización de variables.....	53
Tabla N° 6. Resultados del estudio de mecánica de suelos.....	69
Tabla N° 7. Clasificación según el CBR.....	69
Tabla N° 8. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.....	70
Tabla N° 9. Clasificación de suelos AASHTO y ASTM (SUCS).....	70
Tabla N° 10. Índice medio diario de tráfico.....	71
Tabla N° 11. Factor Distribución.....	72
Tabla N° 12. Cálculo del número de EALS.....	73
Tabla N° 13. Diferencia de los espesores de los pavimentos.....	79
Tabla N° 14. Costos de los materiales por partida.....	81
Tabla N° 15. Costo total por m ² de pavimento flexible convencional.....	82
Tabla N° 16. Costo total por m ² de pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax lbo 202.....	83
Tabla N° 17. Costo total por m ² de pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax lbo 302.....	83
Tabla N° 18. Diferencia del costo por m ² de pavimento flexible.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Fisuras en bloque.....	14
Figura N° 2. Desintegración superficial de la carpeta asfáltica de la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca	16
Figura N° 3. Geomalla uniaxial.....	20
Figura N° 4. Geomalla biaxial	21
Figura N° 5. Geomalla multiaxial.....	21
Figura N° 6. Proceso de fabricación de las geomallas uniaxiales y biaxiales	22
Figura N° 7. Geomalla uniaxial de poliéster tejida	23
Figura N° 8. Geomalla uniaxial de polietileno soldada	23
Figura N° 9. Colocación de la capa de refuerzo - Geomalla.....	24
Figura N° 10. Soluciones con las Geomallas	25
Figura N° 11. Distribución de esfuerzos	26
Figura N° 12. Mecanismo de Confinamiento Lateral	27
Figura N° 13. Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de Soporte	27
Figura N° 14. Efecto membrana.....	28
Figura N° 15. Diferencias en la disposición de las costillas entre las geomallas multiaxiales y biaxiales	30
Figura N° 16. Nomograma para la obtención del SN.....	39
Figura N° 17. Obtención de coeficiente a1	41
Figura N° 18. Obtención de coeficiente a2.....	42
Figura N° 19. Obtención de coeficiente a3.....	43
Figura N° 20. Vista de planta de la sección típica de la vía utilizada en el ensayo	46
Figura N° 21. Vista en corte de la sección típica de la vía del ensayo.....	47
Figura N° 22. Tipos de geomallas Tenax considerados para el refuerzo de pavimentos flexibles	48
Figura N° 23. LCR Vs. CBR de la subrasante	51

Figura N° 24. Localización de la Av. Vía de Evitamiento Norte	57
Figura N° 25. Sección transversal típica de la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca.....	58
Figura N° 26. Estructura del pavimento convencional	75
Figura N° 27. Estructura del pavimento reforzado con geomalla Tenax Ibo 202.	76
Figura N° 28. Estructura del pavimento reforzado con geomalla Tenax Ibo 302.	77
Figura N° 29. Comparación técnica del pavimento flexible convencional y los reforzados con geomallas Tenax Ibo 202 y Ibo 302.....	78

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Cálculo de EAL's	35
Ecuación N° 2. Cálculo de Mr	37
Ecuación N° 3. Cálculo de Δ PSI	37
Ecuación N° 4. Cálculo del número estructural necesario de la sección a diseñar.....	38
Ecuación N° 5. Número Estructural de la sección diseñada	40
Ecuación N° 6. Número Estructural reforzado	49
Ecuación N° 7. Cálculo valor LCR	49
Ecuación N° 8. Valor de reducción de espesor de base	50
Ecuación N° 9. Valor de reducción de espesor de la capa de asfalto	50
Ecuación N° 10. Factor de crecimiento	72

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Conteo vehicular realizado en la intersección del Jr. Chanchamayo y Vía de Evitamiento Norte.	59
Fotografía N° 2. Excavación de la calicata 01	60
Fotografía N° 3. Excavación de la calicata 02 y 03.	61
Fotografía N° 4. Excavación y extracción de muestra, calicata 04.	62
Fotografía N° 5. Contenido de humedad, peso de tara más muestra húmeda.	63
Fotografía N° 6. Secado al horno durante 24 horas de las muestras húmedas.....	63
Fotografía N° 7 Realizando el ensayo de análisis granulométrico.....	64
Fotografía N° 8. Cantidad retenido en malla N° 40, calicata 03.....	64
Fotografía N° 9. Material pasante por la malla N° 4.	65
Fotografía N° 10. Apertura de canaleta.....	65
Fotografía N° 11. Proctor modificado - Humedecimiento de las muestras.	66
Fotografía N° 12. Compactado con 25 golpes por capa.....	66
Fotografía N° 13. Compactación con diferente N° de golpes.	67
Fotografía N° 14. Moldes sumergidos por 96 horas.	67
Fotografía N° 15. Ensayo carga - penetración, toma de lecturas de esfuerzos.	68
Fotografía N° 16. Excavación de Calicata 01 - Prog. 00+440.00; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 17. Extracción de muestra en calicata 01.....; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 18. Excavación de Calicata 02 - Prog. 00+940.00; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 19. Obtención de la muestra de la calicata 02; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 20. Calicata 03 - Prog. 01+440.00.....; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 21. Muestra Calicata 03 - Prog. 01+440.00...; Error! Marcador no definido.	
Fotografía N° 22. Excavación calicata 04 - Prog. 01+940.00; Error! Marcador no definido.	

- Fotografía N° 23. Muestra - Calicata 04**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 24. Análisis granulométrico**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 25. Tamizado de muestra**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 26. Ensayo de Límite Líquido.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 27. Ensayo de Límite Plástico**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 28. Humedecimiento de mezcla para proctor modificado;**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 29. Compactación de proctor modificado**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 30. Ensayo de compactación - CBR.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 31. Moldes compactados antes de ser sumergidos;**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 32. Ensayo de hinchamiento – CBR.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 33. Ensayo penetración - CBR.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 34. Tomando lecturas de penetración - CBR **¡Error! Marcador no definido.**
- Fotografía N° 35. Tomando lecturas de penetración - CBR **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

La presente investigación consistió en determinar la influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, para ello se realizó el estudio de tráfico durante una semana, del cual se obtuvo un número de ejes equivalentes (más adelante EALS) de 11 952 562. También se elaboró 04 calicatas de las cuales se realizó el estudio de suelos, de donde se obtuvo que el tipo de suelo predominante es del tipo A-7, según la clasificación AASHTO y un CBR de diseño de 2.25%, considerando el menor valor. Con los parámetros de diseño definidos se realizó el diseño de 03 alternativas, que son: diseño del pavimento flexible convencional según AASHTO, diseño del pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax lbo 202 y el diseño del pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax lbo 302. Se realizó la comparación técnica del pavimento, teniendo en cuenta el espesor de las capas granulares; en donde se obtuvo que en la base granular del pavimento reforzado con geomallas Tenax lbo 202 y 302, tienen el mismo beneficio técnico en cuanto al espesor de la base granular, ya que en ambos casos genera una reducción en el espesor de 7.50 cm. No obstante en la capa de subbase granular la geomalla lbo 202 genera una reducción de 11.00 cm, mientras que la geomalla lbo 302 genera una reducción de 13.00 cm. Finalmente se realizó la comparación económica de la cual se obtuvo que el costo del pavimento flexible convencional reforzado con geomallas lbo 202 tiene un ahorro de S/. 32.73 por m² mientras que el pavimento reforzado con geomallas lbo 302 tiene un ahorro de S/. 37.86 por m². De acuerdo a los resultados obtenidos, se deduce que el uso de la geomalla Tenax lbo 302 es el más beneficioso ya que técnicamente reduce la base granular en 32,6%, la sub base granular en 32,1% y por ende económicamente también reduce su costo en 18,23% por m².

ABSTRACT

The present investigation consisted in determining the influence of the geogrid in the design of the flexible pavement in the North Evitamiento Road of the city of Cajamarca. For this purpose, a traffic study was carried out for a week, from which a number of equivalent axes (hereinafter EALS) of 11 952 562. Also, 04 calicates of which the soil study was carried out, from which it was obtained that the predominant soil type is type A-7, according to the AASHTO classification and a CBR of 2.25% design, considering the lowest value. With the design parameters defined, the design of 03 alternatives was done, which are: design of the conventional flexible pavement according to AASHTO, design of the flexible pavement reinforced with Tenax Ibo 202 geogrid and the design of the flexible pavement reinforced with Tenax Ibo 302 geogrid. the technical comparison of the pavement, taking into account the thickness of the granular layers; where it was obtained that in the granular base of the pavement reinforced with Geaxes Tenax Ibo 202 and 302, they have the same technical benefit in the thickness of the granular base, since in both cases generates a reduction in the thickness of 7.50 cm. However, in the granular subbase layer the Ibo 202 geogrid generates a reduction of 11.00 cm, while the Ibo 302 geogrid generates a reduction of 13.00 cm. Finally, the economic comparison was carried out, which resulted in the cost of conventional flexible pavement reinforced with Ibo 202 geogrids having a saving of S/. 32.73 per m² while the pavement reinforced with Ibo 302 geogrids has a saving of S/. 37.86 for m². According to the results obtained, it is deduced that the use of the Tenax Ibo 302 geogrid is the most beneficial since it technically reduces the granular base by 32.6%, the granular subbase by 32.1% and thus also economically reduces its cost at 18.23% per m².

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

1. AASHTO (1993). Guide for Design of Pavement Structures (Guía de la AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento). Washington.
2. Barrera, R. (2015). Patologías de Pavimentos. (Tesis Profesional). Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.
3. Centurión, C. y Silva, J. (2010). CBR de diseño en el tope del mejoramiento de subrasantes con geomallas. Lima: EDUNI.
4. Giroud, J.P. y Noiray, I.E (2004). Design method for geogrid-reinforced unpaved roads. Calibration and applications, (II), pp. 11.
5. Humpiri, K. (2015). Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno. (Tesis de Maestría). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
6. Koerner, R.M. (2005). Diseño con geosintéticos. ed 5a. New Jersey: Prentice Hall.
7. Llique, R. (2003). Manual de laboratorio de mecánica de suelos. ed 1a. Cajamarca: Editorial universitaria de la UNC.
8. Murillo, E. (2010). Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño. (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
9. Orrego, D. (2012). Bases granulares reforzadas con geomallas en los pavimentos flexibles. (Tesis de Titulación). PUCP, Trujillo, Perú.
10. Paredes, J. y Carroll, R. G. (1988). Refuerzo de geomalla de bases granulares en pavimentos flexibles. Transporte Investigación Record 1188, Washington DC, pp. 19-27
11. PAVCO (2009). Manual de diseño con geosintéticos. ed 8a. Bogotá: Zetta Comunicadores S.A.
12. Rabanal, J. (2014). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014. (Tesis Profesional). UPN, Cajamarca, Perú.
13. Silva, M.A. (2016). “Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160, aplicado a un tramo de la calle Alemania – La Molina - Cajamarca 2016”. (Tesis Profesional). UPN, Cajamarca, Perú.

14. Silva, J.A. (2013). Uso de geomallas en caminos mineros. Ponencia – 31 convención minera (PERUMIN), Arequipa, Perú.
15. TENSAR (2013). Spectra Pave 4 PRO User's Manual. Vicksburg: TENSAR INTERNATIONAL CORPORATION.
16. Tingal, W. (2013). Comparación entre el diseño de pavimento tradicional (aashto) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vílchez Murga de la ciudad de Cutervo. (Tesis Profesional). UNC, Cajamarca, Perú.
17. USACE (2003). Use of Geogrids in Pavement Construction. Washington: Department of Army, Technical Letter No. 1110-1-189.
18. Valencia, R. (2009). Nuevas tendencias en el diseño y construcción de carreteras reforzadas con geomallas. X Congreso Nacional de Geotecnia, San José, Costa Rica.
19. Villarruel, D. (2014). Uso de geomallas en caminos mineros. Ponencia – Sistemas de estabilización de suelos, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
20. Webster, S.L. (1993). Pavimentos para aeronaves ligeras reforzadas con geomallas. Informe técnico GL-93-6. EE.UU: Cuerpo de Ingenieros del Ejército - estación experimental.
21. Zornberg, J. (2013). Sistemas de pavimentos reforzados con geosintéticos. Ciencia e Ingeniería, pp. 5-23.