



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Análisis comparativo de la sección transversal de los diseños viales  
del Distrito de Nueva Requena - Ucayali aplicando un Mejoramiento

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Caro Santivañez, Leonardo Kaleb  
(ORCID: 0000-0001-9636-8771).

**ASESOR(A):**

Mgtr. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo  
(ORCID: 0000-0001-8850-846).

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

Esta investigación está dedicada a cualquier persona que busque nutrirse de información, desee aprender y analizar la opinión de otras personas con respecto del tema expuesto a continuación.

### **Agradecimiento**

Agradezco todo el apoyo que me han otorgado mis abuelos durante toda mi experiencia laboral y mis estudios, sin ellos no habría llegado a ser lo que soy ahora. Agradezco a mis padres que jamás dejaron que me rindiese e incentivaron a levantarme con cada tropiezo. Agradezco a la mujer que me acompaña en este largo y difícil camino y que es mi consuelo y respiro en los momentos más difíciles.

## Índice de Contenidos

Carátula.....	I
Dedicatoria .....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de Contenidos.....	IV
Índice de Tablas .....	V
Índice de Gráficos y Figuras.....	VII
Resumen.....	VIII
Abstract .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos .....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos Éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN .....	54
VI. CONCLUSIONES .....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS .....	66

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Diseños de Mezcla en Concreto .....	2
<b>Tabla 2</b> Sección de Pavimento Convencional y con refuerzo de Geoceldas .....	8
<b>Tabla 3</b> Diferentes aplicaciones de los geosintéticos.....	13
<b>Tabla 4</b> Valores Recomendados por la MTC para la Resistencia a la Flexotracción .....	24
<b>Tabla 5</b> Valores Recomendados por la MTC para la Resistencia a la Flexotracción .....	26
<b>Tabla 6</b> Valores Recomendados por la MTC para la Serviciabilidad de la Obra Vial .....	29
<b>Tabla 7</b> Valores Recomendados por la MTC para los Coeficientes de Transmisión de Carga.....	30
<b>Tabla 8</b> Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido sin Refuerzo de Geomallas .....	31
<b>Tabla 9</b> <i>Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base sin Refuerzo de Geomallas</i> .....	31
<b>Tabla 10</b> Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas .....	38
<b>Tabla 11</b> <i>Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base con Refuerzo de Geomallas</i> .....	39
<b>Tabla 12</b> Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas considerando $h = 20\text{cm}$ de Sub Base .....	42
<b>Tabla 13</b> <i>Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base con Refuerzo de Geomallas disminuyendo Espesor de Pavimento</i> .....	43
<b>Tabla 14</b> <i>Resumen de Espesores de Diseño de Pavimento Rígido</i> .....	43
<b>Tabla 15</b> <i>Volumen de Concreto por Metro Cuadrado de Pavimento</i> .....	44
<b>Tabla 16</b> <i>Volumen de Materiales por Metro Cuadrado de Pavimento</i> .....	45
<b>Tabla 17</b> <i>Volumen de Material de Sub Base por Metro Cuadrado de Pavimento</i>	46
<b>Tabla 18</b> <i>Porcentaje Disminuido del Espesor de la Losa de Concreto</i> .....	46
<b>Tabla 19</b> <i>Porcentaje Disminuido del Espesor de la Sub Base</i> .....	47
<b>Tabla 20</b> <i>Precio de Colocación de Sub Base Granular</i> .....	48
<b>Tabla 21</b> <i>Precio de Colocación de la Mezcla de Concreto</i> .....	49
<b>Tabla 22</b> <i>Precio del Movimiento de Tierras</i> .....	49

<b>Tabla 23</b> <i>Precios de cada Sección de Pavimento Rígido</i> .....	50
<b>Tabla 24</b> <i>Precios Finales para cada Sección de Pavimento Rígido Reforzado con Geomallas</i> .....	51
<b>Tabla 25</b> <i>Porcentaje de Comparación de Precios con el Pavimento Tradicional</i> . 51	
<b>Tabla 26</b> <i>Volumen de Material Granular Usado en los diferentes Diseños</i> .....	52
<b>Tabla 27</b> <i>Porcentaje Disminuido en Uso de Material Granular</i> .....	53
<b>Tabla 28</b> <i>Porcentaje Disminuido de Material de Sub Base</i> .....	59
<b>Tabla 29</b> <i>Porcentaje Disminuido del Espesor de la Losa de Concreto</i> .....	60
<b>Tabla 30</b> <i>Porcentaje Disminuido del Costo Final del Diseño</i> .....	61

## Índice de Gráficos y Figuras

<b>Figura 1.</b> Río Huallaga antes de explotación como cantera en la ciudad de Huánuco (2010 y 2012).....	6
<b>Figura 2.</b> Río Huallaga durante y después de explotación como cantera en la ciudad de Huánuco (2016 y 2020) .....	7
<b>Figura 3.</b> Minería no metálica ilegal en San Bartolo.....	7
<b>Figura 4.</b> Sección de un Pavimento Flexible sin refuerzo y con refuerzo Fuente: Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes - Pocito .	10
<b>Figura 5.</b> Geomalla Coextruida Uniaxial.....	11
<b>Figura 6.</b> Geomalla Coextruida Biaxial.....	12
<b>Figura 7.</b> Captura Satelital del Centro Poblado de Nueva Requena Fuente: Captura Tomada desde el Google Earth .....	18
<b>Figura 8.</b> Correlación entre el Módulo de Reacción y el CBR% .....	27
<b>Figura 9.</b> Gráfica de Deformaciones Permanentes versus Esfuerzos de un terreno con y sin fuerza .....	36

## **Resumen**

El presente informe de investigación trata de demostrar que es posible disminuir la cantidad de material granular haciendo uso de Geosintéticos sin afectar la integridad del pavimento y los costos respectivos de la construcción del mismo para no afectar de manera significativa al medio ambiente, a la sociedad ni a la economía del sector constructivo por el mal manejo y uso de las minas de material no metálico (canteras de material granular) y la sobre explotación de las mismas.

Palabras Clave: Cantera, Material Granular, Geosintéticos, Geomallas, Sobre explotación.

## **Abstract**

This research report tries to demonstrate that it is possible to reduce the amount of granular material by making use of Geosynthetics without affecting the integrity of the pavement and the costs of its construction so as not to significantly affect the environment, society or the public. The economy of the construction sector due to the mismanagement and use of non-metallic material mines (quarries of granular material) and their over-exploitation.

Keywords: Quarry, Granular Material, Geosynthetics, Geogrids, Over-exploitation.

## I. INTRODUCCIÓN

El ámbito constructivo ha ido evolucionando durante el transcurso de la historia; desde usar enormes rocas con formas ya establecidas y tratar de adaptarlas para las necesidades humanas (y no mencionar la dificultad de movilización de tan pesado material al lugar propio de la obra) hasta crear mezclas artificiales las cuales pueden ser moldeadas a voluntad propia para que se adapten a lo que se necesite.

Por este motivo, el uso del concreto se volvió popular en los tiempos modernos, por su fácil manejabilidad a la hora de ejecutar y crear estructuras de roca artificial, los cuales son elementos con una alta resistencia que otorgan confianza y durabilidad al uso que las personas le vayan a dar.

El uso de concreto está presente en prácticamente todas las estructuras involucradas en el ámbito constructivo civil (viviendas familiares, edificaciones, plazas, carreteras, etc) y que su abuso sin medida genera impactos ambientales considerables los cuales fueron objetivo de análisis en esta investigación.

Consideremos que los materiales principales para la elaboración de la mezcla usada en la construcción de elementos de concreto generalmente son: el cemento (material aglomerante compuesto de partículas muy finas), el agregado grueso (piedra chancada de diferentes tamaños no redondeados, siendo este el material usado en mayor cantidad dentro del volumen de la mezcla de concreto), el agregado fino (arena, que tiene la principal función de llenar los vacíos de la muestra final de la mezcla), el agua (activador de las propiedades químicas del cemento) y el aire (también llamado vacío, ocupa el menor porcentaje del volumen de la mezcla y aporta beneficios en contra del congelamiento).

Entonces, las resistencias a la compresión más comunes para las estructuras de concreto simple o concreto armado varían entre los 175kg/cm<sup>2</sup> y los 210kg/cm<sup>2</sup> (siendo lo más habitual un  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  para la estructura del pavimento rígido), las cuales se componen de los ya mencionados materiales y por lo general en las proporciones indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 1**  
*Diseños de Mezcla en Concreto*

Resistencia a la compresión (F'c=kg/cm2)	TMN del Agregado Grueso	Cemento		Agua (Litros)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Relación Agua / Cemento (a/c)
		kg	bls				
100	1"	284.21	6.7	224	875	943	0.79
140	1"	315.79	7.4	224	848	943	0.71
175	1"	343.95	8.1	224	823	943	0.65
210	1"	386.82	9.1	224	786	943	0.58

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla anterior se establece que el agregado fino y el agregado grueso son aproximadamente el 30 y el 35% respectivamente del peso total de la mezcla por unidad de medida. Significa entonces que aproximadamente el 65% del material es agregado granular, dicho también, arena y piedra.

Los materiales mencionados anteriormente son extraídos de canteras que se encuentren cercanas a la ubicación de la obra, y si en caso existiese más de una ejecución aledaña al área del proyecto entonces la cantera sería explotada por más de una a la vez. Y si aun así, no fuese el caso que varias obras sean ejecutadas al mismo tiempo y que se llegue a necesitar material de cantera para más de un proyecto a la vez, el crecimiento inevitable de las ciudades haría necesario la obtención de mayor cantidad de material para ejecuciones futuras.

### **Realidad Problemática**

Las ciudades que se desarrollan dentro de las regiones del Perú están conformadas de literalmente 65% de material granular o de cantera (agregado fino y grueso) y el crecimiento poblacional hará necesaria la utilización de mayor cantidad de los ya

mencionados recursos, lo cual conllevará a su explotación abusiva y sin control. Esto llevaría a cabo la regulación inminente por parte del estado para solventar el gran impacto ambiental negativo que se estaría provocando, lo cual podría concluir en un alza de precios en el material que compone el 65% de la mezcla más usada a nivel constructivo.

Se considera también que el transporte del material al área del proyecto amerita un gran costo cuando la cantera más cercana se encuentra demasiado lejos. La escases de material de cantera cercana amerita un alto costo en flete por traer material desde lugares más lejanos al área del proyecto.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo proponer alternativas para controlar y disminuir el impacto ambiental que generaría el abuso sin control de la explotación de canteras, evitando así causar daños al medio ambiente, a las personas y los trabajos de miles de ciudadanos del Perú.

### **Pregunta General**

- ¿Se puede disminuir la cantidad de agregado granular en la estructura de un pavimento sin afectar la efectividad de su diseño, precios y trabajabilidad?

### **Preguntas Específicas**

- ¿Se puede disminuir el espesor de la sub base haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin afectar la efectividad de su diseño ni elevar los precios
- ¿Se puede disminuir el espesor de la losa del pavimento rígido haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin afectar la efectividad de su diseño ni elevar los precios?

- ¿Se puede disminuir el espesor de la estructura del pavimento haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin volver más difícil la trabajabilidad del proyecto?

### **Hipótesis General**

- Se puede disminuir la cantidad de agregado granular en la estructura del pavimento haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin afectar la efectividad del diseño ni elevar los costos de construcción disminuyendo el transporte de material de cantera y la cantidad usada por metro lineal de vía.

### **Hipótesis Específicas**

- Se puede disminuir el espesor de la sub base granular haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin afectar la efectividad de su diseño ni elevar costos o dificultar su trabajabilidad ya que la disminución del uso de material disminuye considerablemente los costos de traslado del agregado granular, la cantidad usada por metro lineal de la vía y el volumen de excavación para el asentamiento de la estructura propuesta.
- Se puede disminuir el espesor de la losa del pavimento rígido haciendo uso de geomallas como refuerzo a nivel de sub base sin afectar la efectividad de su diseño ni elevar costos o dificultar su trabajabilidad ya que la disminución de la losa de concreto disminuye también la cantidad de agregado a utilizar por metro cuadrado de losa, encofrado y volumen de excavación.
- Se puede disminuir el espesor de la estructura del pavimento rígido sin afectar la trabajabilidad puesto a que la colocación de las geomallas no requiere mano de obra especializada ni es muy complicado colocarla. Incluso al tener menos profundidad de corte es más sencillo trabajar al no tener que considerar taludes de seguridad para el desmoronamiento de terreno si es que en caso se requiera.

## **Objetivo General**

- Definir en cuanto es posible disminuir la cantidad de agregado fino y grueso usando diferentes métodos de diseño sin afectar la efectividad del pavimento en la elaboración de expedientes técnicos para la ejecución de obras viales.

## **Objetivos Específicos**

- Determinar la situación actual con estudios previos al diseño (suelos, precipitación, tráfico).
- Disminuir el espesor de la sub base haciendo uso de geomallas como estabilización de terreno de fundación.
- Disminuir el espesor de la losa de concreto haciendo uso de geomallas como estabilización de terreno de fundación.
- Comparar los diseños realizados del pavimento rígido sin refuerzo de geomallas y con refuerzo de geomallas.

## II. MARCO TEÓRICO

Como se indicó anteriormente, las mezclas de concreto están conformados en su mayoría por material granular, no incluyendo ahí el material que también se debe extraer para el mejoramiento del terreno natural con una base respectiva, las cuales suelen ser de un espesor muy elevado cuando se trata de suelos demasiado blandos y de ser necesario también una sub base que aumenta aún más la necesidad de material granular para el mejoramiento del terreno de fundación.

### 2.1. Antecedentes

#### Antecedentes Nacionales

El material granular, por lo general, se extrae de canteras las cuales están ubicadas en las orillas de ríos. Suele ser muy común en obras ubicadas en la sierra o selva extraer los materiales de ríos cercanos, lo cual causa inevitablemente que el cauce del río sea deformado provocando a mediano y largo plazo la desembocadura de éste.

Se puede apreciar desde vía satelital la evolución y el impacto que provoca la excavación de los materiales granulares en las orillas de los ríos:



**Figura 1.** Río Huallaga antes de explotación como cantera en la ciudad de Huánuco (2010 y 2012)

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 2.** Río Huallaga durante y después de explotación como cantera en la ciudad de Huánuco (2016 y 2020)

Fuente: Elaboración Propia

La Presidencia del consejo de Ministros, realizó una inspección encabezada por el Magister Augusto Soto Castagnola en Lomo de Corvina, dentro del distrito de Villa El Salvador de Lima Perú, donde se encontró una cantera de arena y piedra chancada que funcionaba de manera ilegal. Y al sur de la carretera Panamericana, en San Bartolo, también se detectó maquinaria pesada que sería la encargada de la extracción ilegal de material granular tales como arena fina y piedra chancada. Ambos casos vendiendo el material excavado de manera ilegal e incrementando la contaminación ambiental debido a la extracción sin medida del material ya mencionado.



**Figura 3.** Minería no metálica ilegal en San Bartolo.

Fuente: Presidencia del Consejo de Ministros (PCM/2014)

En la intervención en San Bartolo se destruyeron un total de cinco retroexcavadores, trece volquetes, dos tolvas metálicas y cinco motores, alcanzando un valor aproximado de siete millones de dólares. La explotación ilegal de minería no metálica también se da en lugares cercanos a las ciudades de Chiclayo, Ica y Nazca, zonas que deberían ser preservadas por su importancia histórica y cultural.

### **Antecedentes Internacionales**

El proyecto de investigación OPTIMIZACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE GEOCELDAS (Cuartas Ramírez, 2015) expone una comparación entre la sección de una vía convencional de pavimento flexible sin refuerzo y otra expuesta a las mismas condiciones pero haciendo uso de geoceldas.

Para ambos casos se tomaron en cuenta las mismas condiciones de terreno y tráfico: una subrasante con un CBR igual a 2% y una carga de tráfico de 2'933,278 ejes equivalentes. Los resultados obtenidos en su análisis se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Sección de Pavimento Convencional y con refuerzo de Geoceldas*

<b>Pavimento</b>	<b>Tradicional</b>	<b>Con Geocelda en la Base Granular</b>
<b>Capa</b>		
<b>Carpeta Asfáltica (cm)</b>	18	17
<b>Base granular (cm)</b>	35	18
<b>Subbase granular (cm)</b>	35	25
<b>Mejoramiento (cm)</b>	30	25
<b>TOTAL (cm)</b>	118	85

Fuente: Optimización y Refuerzo de Estructuras de Pavimento Flexible Mediante Geoceldas, por Cuartas Ramírez (2015)

Donde se llega a la conclusión que con la disminución del espesor de la estructura del pavimento disminuye también en costos y tiempos de ejecución de la obra vial.

## **Fundamento Teórico**

### **Geosintéticos**

Los geosintéticos son la principal variable de éste informe de investigación, y son los encargados de mejorar las capacidades mecánicas del terreno de fundación. Se han estado utilizando con alto grado de eficiencia en proyectos de ingeniería civil a la hora de trabajar sobre suelo blando durante ya hace muchos años.

Existen varios tipos de geosintéticos con diferentes aplicaciones a la hora de utilizarse en las obras de ingeniería civil, entre ellos están las geomallas, geoceldas, geotextiles, geomembranas, geocompuestos, etc. La mayoría tienen como utilidad la función principal de separar los diferentes estratos del terreno, mejorar la capacidad portante de la subrasante, otorgar características drenantes o impermeabilizar áreas específicas para desviar los fluidos a canales cercanos.

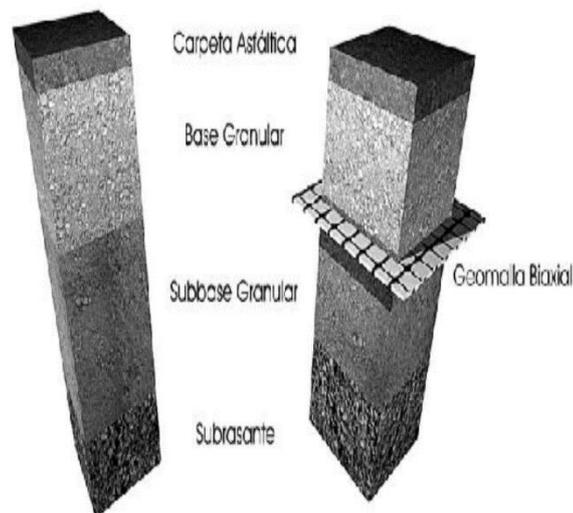
En su gran mayoría los geosintéticos están conformados de materiales derivados del petróleo y se clasifican según su método de fabricación. Las denominaciones recomendadas por la International Geosynthetic Society (IGS) son las siguientes:

#### **Geotextiles:**

La principal función de los geotextiles es la de separar los estratos que componen la estructura de un pavimento, entre ellas tenemos: La sub rasante, que es el material de apoyo de todos los demás elementos que componen al sistema; el material de sub base, material granular con un CBR% aproximado de 40% (recomendado por el Manual de Carreteras del MTC); el material de base, material granular con un CBR% aproximado de 80% (recomendado por el Manual de Carreteras del MTC) y la losa de concreto (que puede ser armado o no dependiendo del ancho de la vía y el diseño de juntas).

Geomallas:

Las geomallas son geosintéticos fabricados principalmente de polímeros derivados del petróleo, tienen como principal función incrementar las capacidades portantes del terreno confinando las partículas del material entre sus aberturas evitando que se mezclen con el terreno natural.



**Figura 4.** Sección de un Pavimento Flexible sin refuerzo y con refuerzo

Fuente: Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes – Pocito (p.2), por Andrés Renato Tapia Diez, Fabricio Eduardo Barona Fajardo, Luis Rolando Inga Morán, Eduardo Santos Baquerizo, MsC

También evitan que el agregado del material se escurra entre las aberturas del mismo y descienda provocando cargas puntuales en la losa del pavimento para lo cual no se encuentra preparado.

Se le suele dar mayor uso en terrenos blandos o suelos pantanosos donde es más probable que debido a las cargas verticales y a la constante precipitación el suelo termine erosionando y generando las cargas puntuales ya mencionadas anteriormente.

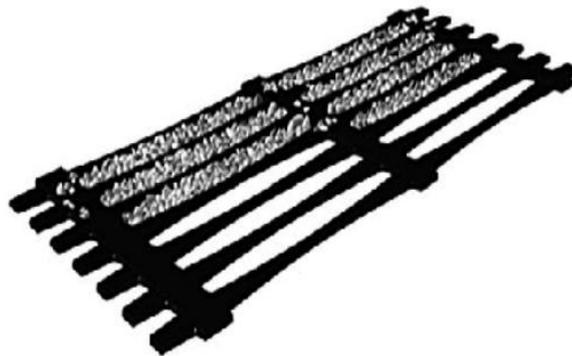
Dependiendo del tipo de esfuerzo que tenga que soportar es que se clasifica en tres tipos de geomallas:

- Uniaxiales:

Las geomallas uniaxiales están diseñadas para soportar cargas medianamente verticales o en una sola dirección, como por ejemplo:

- Taludes
- Muros de contención
- Terraplenes

Están tejidos con una dirección visualmente más resistente a la otra.



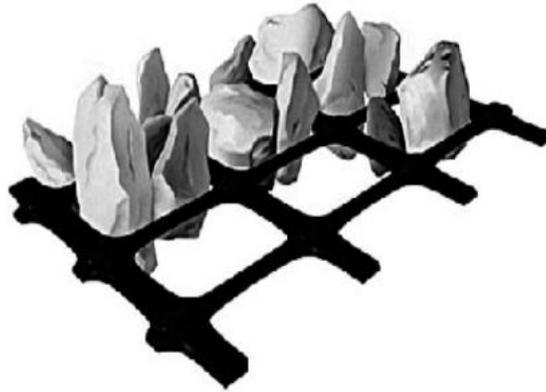
**Figura 5.** Geomalla Coextruida Uniaxial

Fuente: Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes – Pocito (p.2), por Andrés Renato Tapia Diez, Fabricio Eduardo Barona Fajardo, Luis Rolando Inga Morán, Eduardo Santos Baquerizo, MSc

- Biaxiales:

Las geomallas biaxiales están diseñadas para soportar cargas en ambas direcciones (longitudinales y transversales) y suelen ser usadas como refuerzo a nivel de la base granular.

En el caso de ésta investigación se hará uso de geomallas biaxiales BX – 1200 para realizar los análisis correspondientes de los diseños mejor explicados en el apartado de resultados.



**Figura 6.** Geomalla Coextruida Biaxial

Fuente: Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes - Pocito

- Triaxiales:

Las geomallas triaxiales o multiaxiales son una versión mejorada de las geomallas biaxiales que proporcionan mayor rigidez, según menciona (Hadi, 2020), las geomallas triaxiales se caracterizan por tener una alta resistencia a la tracción y de poder uniformizar eficientemente las cargas en comparación a otros tipos de geomallas con aberturas de diferente forma.

#### Geomembranas:

Las geomembranas, a diferencia de las geomallas o geotextiles, están fabricadas principalmente para cumplir la función de impedir el paso de fluidos y gases. Se componen de materiales termoplásticos y son utilizados principalmente para relaves en minería metálica y para transportar fluidos a canales cuando las vías se encuentran diseñadas solo a nivel de afirmado.

Geoceldas:

Las geoceldas son un tipo de geosintético en forma de panal de abeja, que al igual que los demás geosintéticos, sirve para mejorar las capacidades portantes del material que va a confinar y tiene propiedades drenantes (dejan pasar los fluidos evitando que se estanquen).

Al igual que las geomallas, su presencia reduce considerablemente los espesores de base o sub base granular tanto como del pavimento de concreto que se diseñe como capa de rodadura.

Geocompuesto:

Los geocompuestos son la combinación de múltiples geosintéticos para combinar sus propiedades y reducir el tiempo que tomaría colocar cada uno.

En general tenemos la siguiente tabla que ordena las funciones de cada geosintético dependiendo de su tipo:

**Tabla 3**

*Diferentes aplicaciones de los geosintéticos*

<b>Tipo de Geosintético</b>	<b>Separación</b>	<b>Refuerzo</b>	<b>Filtración</b>	<b>Drenaje</b>	<b>Contención</b>	<b>Control de Erosión</b>
Geotextil	x		x			x
Geomallas		x				
Geomembranas					x	
Geoceldas	x	x				x
Geocompuesto	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración Propia

## **Pavimento Rígido**

La capa de rodadura que se evaluará en este informe de investigación será de concreto hidráulico. Las losas de concreto son altamente resistentes a la compresión y al alto tránsito de vehículos, pero no trabajan especialmente a tracción, por lo que asentamientos en el terreno natural pueden provocar fallos apreciables en la parte superior de la estructura, por tal motivo necesitan de un apoyo firme y estable para trabajar correctamente. Por este motivo se harán uso de refuerzos con geomallas biaxiales ya mencionados en el anterior apartado.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de Investigación**

Debido a que la investigación que se lleva a cabo infiere en la resolución de un problema tanto medio ambiental como económico a nivel del pavimento en obras viales, se clasificaría como una:

Investigación aplicada

##### **Diseño de Investigación**

La investigación no exige llevar a cabo ningún diseño experimental o similar puesto a que se analizan diseños ya existentes y normalizados por las normas especificadas en el apartado “Método de Análisis de Datos” y se comparan para definir la opción más viable y los componentes clave que modifican directamente la diferencia entre los diseños estudiados. Por lo tanto el tipo de diseño de investigación vendría a ser:

Diseño No Experimental Transversal Descriptivo (Comparativo) y explicativo

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **Variable Independiente**

La variable matriz de donde se origina todo y que se busca estudiar en esta investigación es el efecto que tienen los Geosintéticos en la cantidad de material granular utilizado en los diferentes tipos de diseños especificados en este informe.

Variable Independiente:

Geosintético

### Definición Conceptual:

Los geosintéticos son materiales compuestos principalmente con productos derivados del petróleo. Tienen como objetivo mejorar o alterar alguna característica del suelo para su mejor desarrollo.

### Definición Operacional:

Será medida en área cubierta del mismo material por cada metro cuadrado del área pavimentada.

### Indicadores:

1. Área Cubierta por Geosintéticos

### Escala de Medición:

1. Metros cuadrados por área pavimentada.

## **Variable Dependiente**

La variable medible elegida que está directamente relacionada a la variable independiente será el material granular (arena, piedra, finos) del cual se analizarán la cantidad usada para la mezcla del concreto, la excavación necesaria para el mejoramiento del suelo y los volúmenes de material de sub base que se deberán de rellenar según lo diseñado.

### Variable Dependiente:

Material Granular

### Definición Conceptual:

El material granular es el ingrediente clave para toda mezcla de concreto y conformación de base o sub base en proyectos viales. Está conformado principalmente por arenas y gravas (y un porcentaje de finos para el caso de afirmado, base y sub base)

### Definición Operacional:

Será medido en volúmenes del mismo material por cada metro cuadrado del área pavimentada.

### Indicadores:

1. Volumen de Concreto (Metros cuadrados por área pavimentada)
2. Volumen de Material de Sub Base (Metros cuadrados por área pavimentada)
3. Espesor del Pavimento (Longitud)
4. Espesor de la Capa de Sub Base (Longitud)
5. Precio de las Partidas de Ejecución (Soles por área pavimentada)
6. Precio de las Partidas de Movimiento de Tierras (Soles por área pavimentada)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

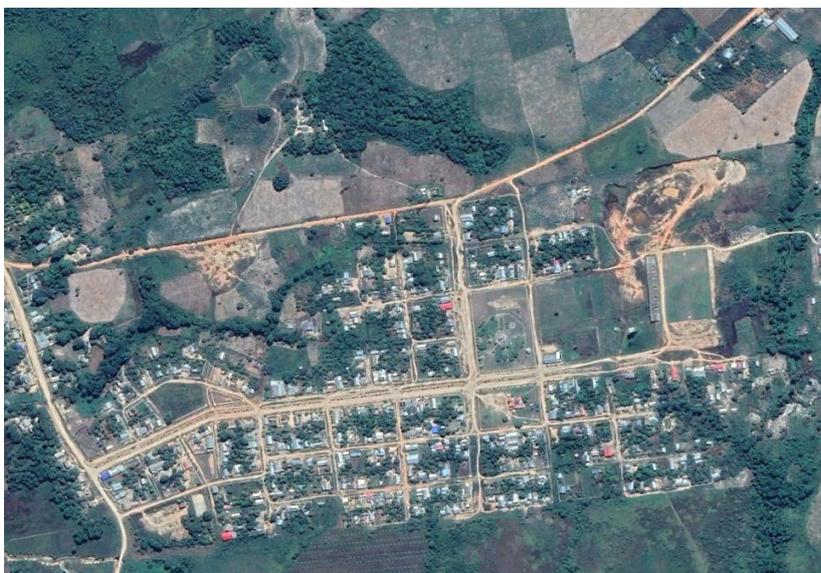
El informe de investigación se desarrolló haciendo uso de datos obtenidos para el proyecto que se realizará en el Centro Poblado del Distrito de Nueva Requena, dentro de la Provincia de Coronel Portillo en la Región de Ucayali.

El proyecto se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 516347.52 m E y 9080291.16 m S, en la zonificación 18L.

Se encuentra a no más de 400m de una laguna formada a consecuencia del acceso de uno de los afluentes del río Ucayali. Se espera encontrarse con un terreno aluvial por su cercanía al río ya mencionado, lo cual significa una capacidad portante y un porcentaje CBR muy bajo, característico de los suelos muy blandos.

Debido a que la zona del proyecto se encuentra en la selva se espera una alta precipitación la cual verá perjudicada la integridad del diseño vial por lo que se hará uso de concreto hidráulico y un mejoramiento del terreno natural.

Se espera que para la ejecución de la obra se haga uso de múltiples canteras provisionales cercanas a la orilla del Río Ucayali y de los meandros formados por éste. No obstante no es recomendable que dichos lugares sean utilizados como canteras por lo ya mencionado anteriormente en este informe.



**Figura 7.** Captura Satelital del Centro Poblado de Nueva Requena

Fuente: Captura Tomada desde el Google Earth

## **Población**

Av. Lester Dionisio Maldonado, Av. Aguaje, Jr. Loro Micuna y Jr. Tornillo del Distrito de Nueva Requena, Provincia de Coronel Portillo en la Región de Ucayali.

## **Muestra**

Área a pavimentar de las Av. Lester Dionisio Maldonado, Av. Aguaje, Jr Loro Micuna y Jr. Tornillo del proyecto de “MEJORAMIENTO DE LA AV. LESTER DIONISIO MALDONADO, (DE LA CARRETERA DE ACCESO HASTA JR. TORNILLO) Y AV. AGUAJE (DEL AV. LESTER DIONISIO HASTA JR. LORO MICUNA) Y JR. LORO MICUNA (DEL JR.AGUAJE HASTA JR. TORNILLO) Y JR.

TORNILLO (DEL JR.LORO MICUNA HASTA AV. LESTER DIONISIO), DISTRITO DE NUEVA REQUENA - CORONEL PORTILLO – UCAYALI”.

## **Muestreo**

Debido a que se desea analizar el efecto que tiene el mejoramiento con geosintéticos en la cantidad de volumen usado de material granular se tomaron como muestra todas las áreas de pavimentación del proyecto: “MEJORAMIENTO DE LA AV. LESTER DIONISIO MALDONADO, (DE LA CARRETERA DE ACCESO HASTA JR. TORNILLO) Y AV. AGUAJE (DEL AV. LESTER DIONISIO HASTA JR. LORO MICUNA) Y JR. LORO MICUNA (DEL JR.AGUAJE HASTA JR. TORNILLO) Y JR. TORNILLO (DEL JR.LORO MICUNA HASTA AV. LESTER DIONISIO), DISTRITO DE NUEVA REQUENA - CORONEL PORTILLO – UCAYALI”, ya que engloba las partidas más incidentes en todo el proyecto de pistas y veredas de la obra en Nueva Requena.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se hará un análisis específico de estudio de suelos para identificar la situación actual del terreno y se tomarán en cuenta las recomendaciones y conclusiones mencionadas en dicho informe.

Se hará un estudio de tráfico que evaluará el tamaño del tránsito mientras que se lleve a cabo la topografía del área del proyecto.

### **3.5. Procedimientos**

#### **3.5.1. Estudio Mecánica de Suelos**

Para el estudio de suelos se hizo la excavación de 12 calicatas con un promedio aproximado de 2 metros de profundidad. Se hicieron los análisis correspondientes para el diseño de obras viales con pavimento rígido, los cuales son:

Granulometría:

- Clasificación AASHTO
- Clasificación SUCS

Ensayo de Límites:

- Límite Líquido
- Límite Plástico

Ensayos Químicos:

- Sulfatos
- Sales Totales
- Cloruros

Ensayo CBR

Ensayo Proctor Modificado

Ensayo de Corte Directo

Todos bajo la norma correspondiente y con un panel fotográfico que pruebe la autenticidad de los ensayos de laboratorio.

También se hizo una inspección de campo para analizar la conformación del terreno, definir el perfil estratigráfico y la organización de los estratos del terreno, de tal manera que se pudiese identificar con mayor facilidad durante el desarrollo del proyecto las características del terreno y optar por el diseño más adecuado y económico.

### **3.5.2. Estudio de Tráfico**

Para el estudio de tráfico se hicieron uso de estaciones durante la topografía del proyecto para que llevase a cabo el conteo de los vehículos que transitaban en la localidad.

Se anotaron la cantidad de vehículos que transitaban en las avenidas más concurridas y el tipo de vehículo visualizado. De esta forma conocer el porcentaje actual de vehículos livianos, medianos y pesados que podrán ser proyectados en un tiempo estimado de diez y veinte años el cual es la duración máxima de confiabilidad de un pavimento de concreto antes de necesitar un mantenimiento.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se harán uso de hojas de cálculo elaborados propiamente para el cálculo estructural del pavimento basados en normas internacionales y usando factores de seguridad establecidos por las normas estructurales peruanas.

#### **3.6.1. Diseño de Mezcla**

Para el diseño de la mezcla se usará el Método ACI.

#### **3.6.2. Diseño del Pavimento Rígido**

Para el diseño del pavimento rígido se hará consideración de los valores recomendados por el Manual de Carreteras del MTC (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013) y de la metodología planteada por el Manual AASHTO 93 (Guide For Design of Pavement Structures 1993) que presenta un monograma y una fórmula despejada de la misma para el diseño de pavimentos de concreto hidráulico. Para ello serán necesario conocer y calcular los siguientes parámetros.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Deben de tenerse en cuenta que toda la información esté justificada y referenciada correctamente, se confirmaron las fuentes de las investigaciones de las cuales se extrajo información.

Las citas se hicieron bajo la normativa APA siguiendo las recomendaciones indicadas.

Se pidió permiso para usar los datos del estudio de suelos y del estudio de tráfico a la empresa encargada de desarrollar el proyecto de Nueva Requena.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Diseño de la Estructura del Pavimento Rígido con y sin Geomallas

Para el desarrollo del presente Informe de Investigación se tomaron en cuenta el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) del Perú; y las metodologías planteadas por el Manual AASHTO Guide For Design of Pavement Structures (1993).

#### 3.1.1. Diseño de Pavimento Rígido Sin Refuerzo

Para el pavimento Rígido se tomó en cuenta la metodología AASHTO modificada por el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) del Perú.

Se hizo uso de la fórmula establecida tanto en el Manual AASHTO y el Manual establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) expresada a continuación:

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right)} \right)$$

Las variables principales que se tomarán en cuenta para el diseño del diseño del Pavimento Rígido sin ningún tipo de refuerzo de Geosintético son los mencionados a continuación:

a) Cargas de Tráfico ESAL (W18)

Las cargas de tráfico fueron calculados en el informe del estudio de tráfico del proyecto (Revisar Anexo 6) se calculó en su mayoría para vías de dos carriles.

$$W18 = 2'152,290.00$$

b) Módulo Elástico del Concreto (Ec)

El módulo elástico del concreto es uno de los parámetros más importantes en el diseño del pavimento rígido, pues define que tanto puede deformarse su estructura y volver a su forma original sin verse afectado significativamente. Relaciona los esfuerzos a los que está sujeto la estructura de concreto con sus deformaciones unitarias.

Para calcular el Módulo Elástico del Concreto el Manual AASHTO 93 recomienda una relación establecida por la siguiente fórmula:

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}, \text{ donde el } f'c \text{ está dado en psi}$$

En éste caso haremos uso de una mezcla de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Haciendo uso de la fórmula anteriormente establecida se calcula el módulo elástico del concreto (Ec).

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2,986.89 \text{ psi}$$

Reemplazando:

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}$$

$$E = 57,000 \times (2,986.89)^{0.5}$$

<b>E = 3'115,191.06 psi</b>
-----------------------------

c) Resistencia a la Flexotracción del Concreto (Mr)

En el caso de vías vehiculares, el concreto trabaja constantemente a efectos de flexión, por lo que la AASHTO 93 incluye éste parámetro en el diseño de pavimentos rígidos.

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos recomienda unos valores expresados en una tabla para las distintas cargas de tráfico y resistencia a la compresión del concreto.

**Tabla 4**

*Valores Recomendados por la MTC para la Resistencia a la Flexotracción*

Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Resistencia Mínima a La Flexotracción Del Concreto (Mr)	Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión Del Concreto (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de  
Transporte y Comunicaciones (2013)

El manual AASHTO 93 también especifica una fórmula que relaciona el esfuerzo a la compresión del concreto (f'c) con el Módulo de Rotura:

$$Mr = a \sqrt{f'c}, \text{ donde el } f'c \text{ debe estar en kg/cm}^2$$

Debido a que la fórmula expuesta en la AASHTO devuelve un menor valor para la resistencia del concreto que las indicadas en la **Tabla 4**, se hará uso de la fórmula para el cálculo de la resistencia a la Flexotracción del Concreto ( $M_r$ ).

Primero calculamos un valor promedio para "a" utilizando los valores indicados en el Manual del MTC:

$$a = ( 1.99 + 3.18 ) / 2$$

$$a = 2.59$$

Ahora reemplazamos en la fórmula original:

$$M_r = 2.59 \times \sqrt{(210)}$$

$$M_r = 37.46 \text{ kg/cm}^2$$

d) Desviación Estándar Combinado ( $S_o$ )

AASHTO 93 recomienda valores de Desviación Estándar entre los valores de 0.30 y 0.40, se tomará entonces un valor intermedio para el cálculo del diseño actual.

$$S_o = 0.35$$

e) Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )

La desviación estándar normal se elegirá dependiendo del tipo de tráfico que afectará a nuestro proyecto y según la tabla establecida en la MTC.

Debido a que el tráfico establecido tiene un ESAL(W18) de 2'152,290 EE lo cual se encuentra entre los valores 1'500,01 y 3'000,000, se hará uso de la desviación estándar normal de -1.036.

**Tabla 5**

*Valores Recomendados por la MTC para la Resistencia a la Flexotracción*

Tipo de Tráfico	Ejes Equivalentes		Desviación Estándar Normal
Tp5	1'000,001	1'500,000	-1.036
<b>Tp6</b>	<b>1'500,001</b>	<b>3'000,000</b>	<b>-1.036</b>
Tp7	3'000,001	5'000,000	-1.036

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Entonces:

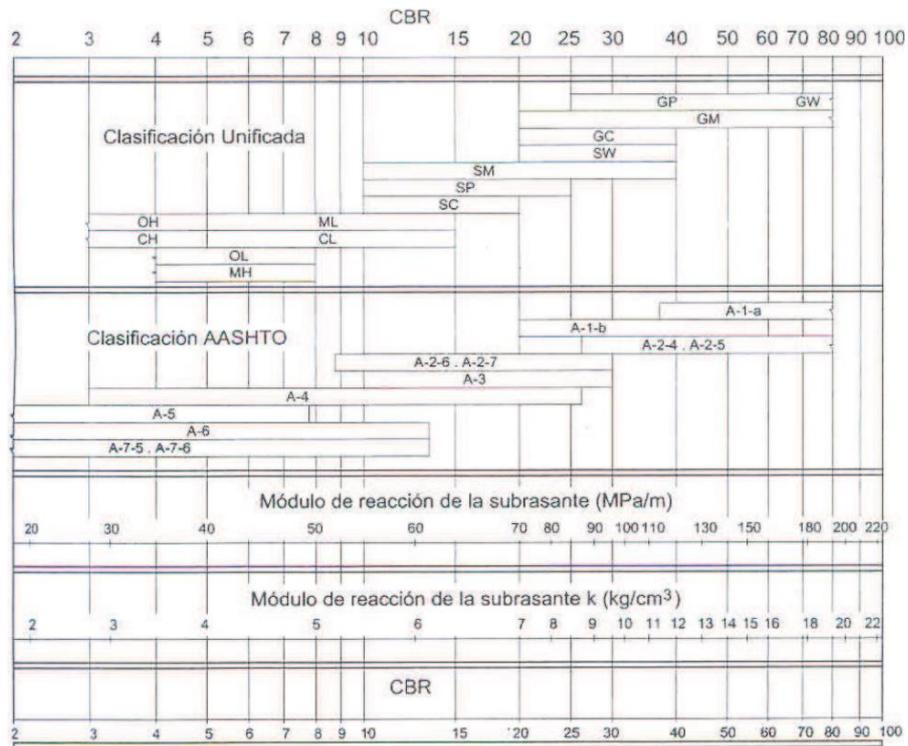
$$Z_r = -1.036$$

f) Coeficiente de Reacción Combinado de la SubRasante y SubBase Granular (Kc)

Para el coeficiente de reacción combinado (Kc) se debe hacer uso del coeficiente de reacción de la sub rasante (K0) y del coeficiente de reacción de la sub base granular (K1). Se calcularon de la siguiente forma:

- Coeficiente de Reacción de la Sub Rasante (K0)

Para el cálculo del módulo de reacción puede hacerse uso de la tabla expuesta en el Manual del MTC.



**Figura 8.** Correlación entre el Módulo de Reacción y el CBR%

Fuente: Manual de Carreteras del MTC.

Del cual pueden despejarse las siguientes fórmulas:

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%), \text{ para } \text{CBR} \leq 10\%$$

$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)^{4.34}, \text{ para } \text{CBR} > 10\%$$

Según el estudio de suelos realizado en la zona a intervenir de la Localidad de Nueva Requena, se hará uso del menor CBR% determinado (Revisar Anexo 5) el cual es de 4.7%.

Reemplazando en la fórmula:

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)$$

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(4.7)$$

$$K_0 = 37.84 \text{ Mpa/m}$$

- Coeficiente de Reacción de la Sub Base Granular ( $K_1$ )

Para calcular el coeficiente de reacción de la Sub Base granular se puede usar la figura que fue mostrada anteriormente, o también hacerse uso de las fórmulas despejadas de la misma.

Debido a que el tráfico a estudiar es menor que  $15 \times 10^6$  EE se hará uso de una sub base granular con una resistencia CBR% de 40%, tal y como nos recomienda el Manual de Carreteras del MTC.

Reemplazamos entonces en la fórmula ya establecida anteriormente.

$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)^{4.34}$$

$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(40)^{4.34}$$

$$K_1 = 116.21 \text{ Mpa/m}$$

- Coeficiente de Reacción Combinada ( $K_c$ )

Ahora para calcular el coeficiente de reacción combinado ( $K_c$ ) se deberá emplear la siguiente fórmula expuesta por el Manual de Carreteras del MTC:

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

Donde "h" es la altura o espesor de la sub base granular que servirá como cama de apoyo para nuestra losa de concreto y se encuentra dada en centímetros.

Reemplazamos la fórmula considerando un  $h = 60\text{cm}$ , para tratar de aproxima a  $20\text{cm}$  el espesor de nuestro pavimento rígido, el cual es el mínimo aceptado en la mayoría de obras viales de concreto.

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

$$K_c = [ 1 + ( 60 / 38 )^2 \times (116.21 / K_0)^{2/3} ]^{0.5} \times 37.84$$

<b><math>K_c = 94.72 \text{ Mpa/m}</math></b>
---

g) Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta\text{PSI}$ )

La serviabilidad es un valor que define la capacidad del pavimento de cumplir efectivamente con su trabajo, tal se calcula igualmente por el tipo de tráfico de nuestro proyecto, el cual ya se ha indicado previamente (Tp6). Así que según la tabla expresada en el Manual de Carreteras del MTC se eligen los valores de serviabilidad correspondientes al proyecto.

**Tabla 6**

*Valores Recomendados por la MTC para la Serviabilidad de la Obra Vial*

Tipo de Tráfico	Ejes Equivalentes		Indice de Serviabilidad Inicial (Pi)	Indice de Serviabilidad Final (Pt)	Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta\text{PSI}$ )
Tp5	1'000,001	1'500,000	4.30	2.50	1.80
<b>Tp6</b>	<b>1'500,001</b>	<b>3'000,000</b>	<b>4.30</b>	<b>2.50</b>	<b>1.80</b>
Tp7	3'000,001	5'000,000	4.30	2.50	1.80

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Entonces:

$$\Delta\text{PSI} = 1.80$$

#### h) Condiciones de Drenaje

La condición de drenaje es la capacidad que tiene el material granular para dejar pasar el agua entre sus partículas. Debido a que el proyecto es en un área constantemente afectada por la lluvia y el suelo posee una calidad de drenaje regular se usará el valor de 0.90 según lo recomienda el Manual de Carreteras del MTC.

$$\text{Cd} = 0.90$$

#### i) Coeficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)

El pavimento a diseñar será de concreto hidráulico y la mayoría de sus vías serán de doble carril por lo que llevará pasadores o dowells. Según la tabla propuesta por el Manual de Carreteras del MTC se usará para el Coeficiente de Transmisión de Cargas el valor de 2.80.

**Tabla 7**

*Valores Recomendados por la MTC para los Coeficientes de Transmisión de Carga*

<b>J</b>			
<b>Granular o Asfáltica</b>		<b>Concreto Hidráulico</b>	
Si (con pasadores)	No (con pasadores)	<b>Si (con pasadores)</b>	No (con pasadores)
3.2	3.8 - 4.4	<b>2.8</b>	3.8

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

j) Espeor del Pavimento Rígido sin Refuerzo de Geomallas

Según la AASHTO 93 y el Manual de Carreteras del MTC se puede hacer uso tanto del monograma expresado en el Manual AASHTO o haciendo uso de la fórmula ya presentada anteriormente.

Se prosigue a hacer el vaciado de datos para los siguientes parámetros finales:

**Tabla 8**

*Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido sin Refuerzo de Geomallas*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valores Finales</b>
<b>W18</b>	2'152,290.00
<b>E</b>	3'115,191.06 psi
<b>Mr</b>	37.46 kg/cm <sup>2</sup>
<b>So</b>	0.35
<b>Zr</b>	-1.036
<b>Kc</b>	94.72 Mpa/m
<b>ΔPSI</b>	1.80
<b>Cd</b>	0.90
<b>J</b>	2.80

Fuente: Elaboración Propia

Entonces haciendo uso de la fórmula y con ayuda de una hoja de cálculo conseguimos el resultado final (Revisar Anexo 7).

**Tabla 9**

*Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base sin Refuerzo de Geomallas*

<b>Pavimento Rígido sin Refuerzo</b>	<b>Espesores Finales (centímetros)</b>	<b>Espesores Finales (pulgadas)</b>
<b>Pavimento Rígido</b>	20cm	8"
<b>Sub Base</b>	60cm	24"

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.2. Diseño de Pavimento Rígido Con Refuerzo de Geo Mallas para Disminuir Espesor de la Capa de Sub Base**

##### a) Cargas de Tráfico ESAL (W18)

Nuevamente, se usan las cargas de tráfico que ya fueron calculadas en el informe del estudio de tráfico del proyecto a evaluar (Revisar Anexo 6) se calculó en su mayoría para vías de dos carriles.

<b>W18 = 2'152,290.00</b>
---------------------------

##### b) Módulo Elástico del Concreto (Ec)

El módulo elástico del concreto sigue siendo uno de los parámetros más importantes en el diseño del pavimento rígido, puesto a que el refuerzo solo será a nivel de la sub rasante y sub base, se volverá a usar la misma fórmula ya utilizada en el diseño de pavimento rígido sin refuerzo de geomallas.

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}, \text{ donde el } f'c \text{ está dado en psi}$$

Igualmente se hará uso de una mezcla de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para poder hacer comparaciones entre este diseño y el anterior. Haciendo uso de la fórmula anteriormente establecida se calcula el módulo elástico del concreto (Ec).

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2,986.89 \text{ psi}$$

Reemplazando:

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}$$

$$E = 57,000 \times (2,986.89)^{0.5}$$

$$\mathbf{E = 3'115,191.06 \text{ psi}}$$

c) Resistencia a la Flexotracción del Concreto ( $M_r$ )

Como ya se explicó anteriormente, en el caso de vías vehiculares, el concreto trabaja constantemente a efectos de flexión, por lo que es importante incluir éste parámetro en el diseño de pavimentos rígidos.

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos recomienda unos valores expresados en una tabla para las distintas cargas de tráfico y resistencia a la compresión del concreto y el Manual AASHTO 93 especifica una fórmula que relaciona el esfuerzo a la compresión del concreto ( $f'c$ ) con el módulo de rotura. Debido a que el valor calculado por medio de la fórmula AASHTO 93 es menor que la expresada en las tablas del MTC, se hará uso de la siguiente fórmula:

$$M_r = a \sqrt{f'c}, \text{ donde el } f'c \text{ debe estar en } \text{kg/cm}^2$$

Se usa el valor “a” previamente calculado en el diseño de pavimento sin refuerzo de geomallas:

$$a = 2.59$$

Ahora reemplazamos en la fórmula original, debido a que los valores no han variado, el resultado seguirá siendo el mismo:

$$Mr = 2.59 \times \sqrt{(210)}$$

$$\mathbf{Mr = 37.46 \text{ kg/cm}^2}$$

d) Desviación Estándar Combinado (So)

AASHTO 93 recomienda valores de Desviación Estándar entre los valores de 0.30 y 0.40, se tomará entonces un valor intermedio para el cálculo del diseño actual.

$$\mathbf{So = 0.35}$$

e) Desviación Estándar Normal (Zr)

La desviación estándar normal se elegirá dependiendo del tipo de tráfico que afectará a nuestro proyecto y según la tabla establecida en la MTC.

Debido a que ya se estableció el tipo de tráfico anteriormente (ESAL de 2'152,290 EE lo cual se encuentra entre los valores 1'500,01 y 3'000,000), se hará uso de la desviación estándar normal de -1.036.

$$\mathbf{Zr = -1.036}$$

f) Coefficiente de Reacción Combinado de la SubRasante y SubBase Granular (Kc)

Para calcular el coeficiente de reacción combinado ( $K_c$ ) es muy similar al cálculo del coeficiente cuando no se hace uso de refuerzos con geomallas en el diseño, solo hay unas ligeras diferencias las cuales involucran la resistencia que aporta el Geosintético en la estructura del pavimento.

- Coeficiente de Reacción de la Sub Rasante ( $K_0$ )

Para el cálculo del coeficiente de reacción de la Sub Rasante se hará uso de las siguientes fórmulas:

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%), \text{ para } \text{CBR} \leq 10\%$$

$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)^{4.34}, \text{ para } \text{CBR} > 10\%$$

Según el estudio de suelos realizado en la zona a intervenir de la Localidad de Nueva Requena, se hará uso del menor CBR% determinado (Revisar Anexo 5) el cual es de 4.7%.

Reemplazando en la fórmula:

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)$$

$$K = 2.55 + 52.5 \times \text{Log}_{10}(4.7)$$

<b><math>K_0 = 37.84 \text{ Mpa/m}</math></b>
---

- Coeficiente de Reacción de la Sub Base Granular ( $K_1$ )

Debido a que el tráfico a estudiar es menor que  $15 \times 10^6$  EE se hará uso de una sub base granular con una resistencia CBR% de 40%, tal y como nos recomienda el Manual de Carreteras del MTC.

Reemplazamos entonces en la fórmula ya establecida anteriormente.

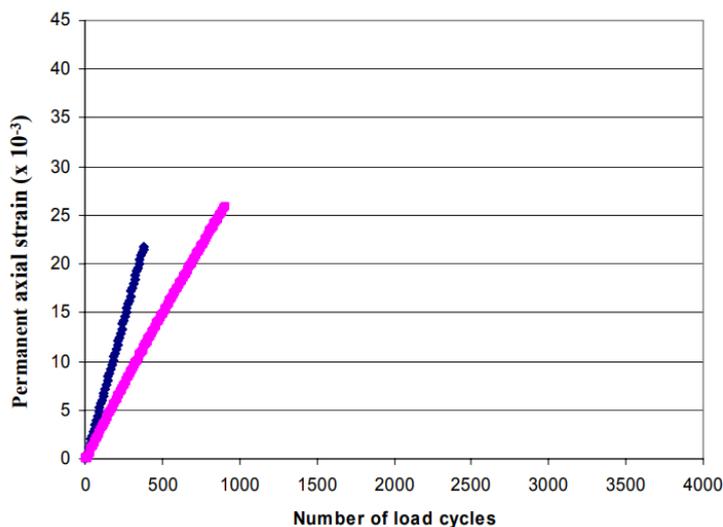
$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(\text{CBR}\%)^{4.34}$$

$$K = 46 + 9.08 \times \text{Log}_{10}(40)^{4.34}$$

$$K1 = 116.21 \text{ Mpa/m}$$

- Coeficiente de Reacción Combinada con Refuerzo de la Geomalla (Kcr)

Para calcular el coeficiente de reacción combinada se hará uso de los ensayos realizados por el Dr. Steven W. Perkins en su informe “Development of Design Methods for Geosynthetic Reinforced Flexible Pavements” Donde se evalúa la deformación que puede tener la base granular haciendo uso de geomallas y los representa en una gráfica de esfuerzos versus deformaciones.



**Figura 9.** Gráfica de Deformaciones Permanentes versus Esfuerzos de un terreno con y sin fuerza

Fuente: Development of Design Methods for Geosynthetic Reinforced Flexible Pavements

Del gráfico se puede despejar la fórmula también utilizada en el proyecto de José Kevins Vásquez Agip titulado “Comparación entre el Diseño de Pavimento Rígido Y Flexible Reforzados con Geomalla Biaxial En La Pavimentación de la Av. Perú De La Ciudad De Chota - Cajamarca”

$$K_{cr} = 91.081e^{0.1469x}$$

Donde "x" es la altura o espesor de la sub base granular que servirá como cama de apoyo para nuestra losa de concreto y se encuentra dada en pulgadas.

Reemplazamos la fórmula considerando un  $h = 25\text{cm}$  (9.84plg), para tratar de aproximar a 20cm el espesor de nuestro pavimento rígido, el cual es el mínimo aceptado en la mayoría de obras viales de concreto.

$$K_{cr} = 91.081e^{0.1469x}$$

$$K_{cr} = 91.081e^{0.1469(9.84)}$$

$$K_{cr} = 386.69 \text{ lb/plg}^3$$

$$\mathbf{K_{cr} = 104.97 \text{ Mpa/m}}$$

g) Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta\text{PSI}$ )

La serviciabilidad define la capacidad del pavimento de cumplir efectivamente con su trabajo, tal se calcula igualmente por el tipo de tráfico de nuestro proyecto, el cual ya se ha indicado previamente (Tp6). Así que según la tabla expresada en el Manual de Carreteras del MTC se eligen los valores de serviciabilidad correspondientes al proyecto.

$$\mathbf{\Delta\text{PSI} = 1.80}$$

h) Condiciones de Drenaje

La condición de drenaje será la misma elegida en el diseño anterior de pavimento rígido sin refuerzo de geomallas debido a que el proyecto es en un área constantemente afectada por la lluvia y el suelo posee una calidad de drenaje regular.

<b>Cd = 0.90</b>
------------------

i) Coeficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)

El pavimento a diseñar será de concreto hidráulico y la mayoría de sus vías serán de doble carril por lo que llevará pasadores o dowells. Según la tabla propuesta por el Manual de Carreteras del MTC se usará para el Coeficiente de Transmisión de Cargas el valor de **2.80**.

j) Espesor del Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas

Según la AASHTO 93 y el Manual de Carreteras del MTC se puede hacer uso tanto del monograma expresado en el Manual AASHTO o haciendo uso de la fórmula ya presentada anteriormente.

Se prosigue a hacer el vaciado de datos para los siguientes parámetros finales:

**Tabla 10**

*Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valores Finales</b>
<b>W18</b>	2'152,290.00
<b>E</b>	3'115,191.06 psi
<b>Mr</b>	37.46 kg/cm <sup>2</sup>
<b>So</b>	0.35
<b>Zr</b>	-1.036

<b>Kcr</b>	104.97 Mpa/m
<b>ΔPSI</b>	1.80
<b>Cd</b>	0.90
<b>J</b>	2.80

Fuente: Elaboración Propia

Entonces haciendo uso de la fórmula y con ayuda de una hoja de cálculo conseguimos el resultado final (Revisar Anexo 7).

**Tabla 11**

*Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base con Refuerzo de Geomallas*

<b>Pavimento Rígido sin Refuerzo</b>	<b>Espesores Finales (centímetros)</b>	<b>Espesores Finales (pulgadas)</b>
<b>Pavimento Rígido</b>	20cm	8"
<b>Sub Base</b>	25cm	10"

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.3. Diseño de Pavimento Rígido Con Refuerzo de Geo Mallas Para Disminuir Espesor de la Losa de Concreto**

Ahora analizaremos si es posible disminuir el espesor de la losa de concreto del pavimento rígido haciendo uso de los mismos datos ya previamente calculados con la diferencia de que se considerará el menor valor con el que se pueda hacer el diseño de los espesores de cada componente.

##### a) Cargas de Tráfico ESAL (W18)

$$W18 = 2'152,290.00$$

b) Módulo Elástico del Concreto ( $E_c$ )

$$E = 3'115,191.06 \text{ psi}$$

c) Resistencia a la Flexotracción del Concreto ( $M_r$ )

$$M_r = 37.46 \text{ kg/cm}^2$$

d) Desviación Estándar Combinado ( $S_o$ )

$$S_o = 0.35$$

e) Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )

$$Z_r = -1.036$$

f) Coficiente de Reacción Combinado de la SubRasante y SubBase Granular ( $K_c$ )

- Coficiente de Reacción de la Sub Rasante ( $K_0$ )

$$K_0 = 37.84 \text{ Mpa/m}$$

- Coeficiente de Reacción de la Sub Base Granular (K1)

$$K_1 = 116.21 \text{ Mpa/m}$$

- Coeficiente de Reacción Combinada con Refuerzo de la Geomalla (Kcr)

En este caso se ya no se utilizará el valor anterior de  $x = 9.84''$  puesto a que ahora se considerará un espesor de sub base de 40cm, lo cual daría un  $x = 16''$ . Reemplazamos en la fórmula que ya establecimos anteriormente.

$$K_{cr} = 91.081e^{0.1469x}$$

$$K_{cr} = 91.081e^{0.1469(16)}$$

$$K_{cr} = 920.70 \text{ lb/plg}^3$$

$$K_{cr} = 249.92 \text{ Mpa/m}$$

g) Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI)

$$\Delta \text{PSI} = 1.80$$

h) Condiciones de Drenaje

$$Cd = 0.90$$

i) Coeficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)

El pavimento a diseñar será de concreto hidráulico y la mayoría de sus vías serán de doble carril por lo que llevará pasadores o dowells. Según la tabla propuesta por el Manual de Carreteras del MTC se usará para el Coeficiente de Transmisión de Cargas el valor de **2.80**.

j) Espesor del Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas

Según la AASHTO 93 y el Manual de Carreteras del MTC se puede hacer uso tanto del monograma expresado en el Manual AASHTO o haciendo uso de la fórmula ya presentada anteriormente.

Se prosigue a hacer el vaciado de datos para los siguientes parámetros finales:

**Tabla 12**

*Parámetros Finales para Diseño de Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas considerando  $h = 20\text{cm}$  de Sub Base*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valores Finales</b>
<b>W18</b>	2'152,290.00
<b>E</b>	3'115,191.06 psi
<b>Mr</b>	37.46 kg/cm <sup>2</sup>
<b>So</b>	0.35
<b>Zr</b>	-1.036
<b>Kcr</b>	249.92 Mpa/m

$\Delta$ PSI	1.80
Cd	0.90
J	2.80

Fuente: Elaboración Propia

Entonces haciendo uso de la fórmula y con ayuda de una hoja de cálculo conseguimos el resultado final (Revisar Anexo 7).

**Tabla 13**

*Espesores Finales de Pavimento Rígido y Sub Base con Refuerzo de Geomallas disminuyendo Espesor de Pavimento*

<b>Pavimento Rígido sin Refuerzo</b>	<b>Espesores Finales (centímetros)</b>	<b>Espesores Finales (pulgadas)</b>
<b>Pavimento Rígido</b>	17cm	7"
<b>Sub Base</b>	40cm	16"

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2. Resultados Finales**

Ya como paso final, para poder discutir y visualizar los resultados finales, debemos realizar la comparación económica de las diferentes secciones de los diseños anteriormente calculados, para ello debemos conocer los diferentes espesores de la estructura de sus diseños, se resumen en el siguiente cuadro:

**Tabla 14**

*Resumen de Espesores de Diseño de Pavimento Rígido*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Pavimento Rígido</b>	20cm	20cm	17cm
<b>Sub Base</b>	60cm	25cm	40cm

Fuente: Elaboración Propia

Ya se puede ir notando una importante disminución del espesor de la sub base en lo que respecta al pavimento reforzado.

Entonces se realizarán los cálculos por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de área pavimentada.

#### 4.2.1. Área Cubierta por Geomalla

En este caso, al estarse evaluando por metro cuadrado de área a pavimentar, el área cubierta por Geomallas vendría a ser la unidad del mismo, o sea, un metro cuadrado por cada metro cuadrado a pavimentar.

#### 4.2.2. Volumen de Concreto

Para calcular el volumen de concreto por metro cuadrado se deberá multiplicar el espesor del pavimento en los diseños previamente calculados por la unidad en metros cuadrados. Los resultados finales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 15**

*Volumen de Concreto por Metro Cuadrado de Pavimento*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Mezcla de Concreto (m<sup>3</sup>)</b>	0.20m <sup>3</sup>	0.20m <sup>3</sup>	0.17m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Ahora se pasa a calcular la cantidad de material granular que necesita cada uno haciendo uso de una hoja de cálculo propia para el diseño de mezcla, el cual fue diseñado usando el método ACI.

**Tabla 16**

*Volumen de Materiales por Metro Cuadrado de Pavimento*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Cemento</b>	1.82 bls	1.82 bls	1.55 bls
<b>Agregado Fino</b>	0.06 m <sup>3</sup>	0.06 m <sup>3</sup>	0.05 m <sup>3</sup>
<b>Agregado Grueso</b>	0.07 m <sup>3</sup>	0.07 m <sup>3</sup>	0.06 m <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	44.83 Lt	44.83 Lt	38.11 Lt

Fuente: Elaboración Propia

Notamos entonces que no hay diferencia alguna entre el Pavimento Tradicional y el Pavimento Reforzado con Geomallas (1) puesto a que el espesor del pavimento no se ha alterado.

No obstante, hay una pequeña diferencia entre la cantidad de material granular usado entre el Pavimento Rígido Reforzado (1) y el Pavimento Rígido Reforzado (2) de 0.02m<sup>3</sup> en total (considerando la suma de agregado fino y agregado grueso como material granular) lo cual sigue siendo una variación despreciable a nivel de mezcla.

#### **4.2.3. Volumen de Material de Sub Base**

Para el volumen del material de sub base se debe considerar el espesor de la sub base y multiplicarlo por la unidad del área a pavimentar. Entonces tendríamos los resultados en el siguiente cuadro:

**Tabla 17***Volumen de Material de Sub Base por Metro Cuadrado de Pavimento*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Material de Sub Base (m3)</b>	0.60m <sup>3</sup>	0.25m <sup>3</sup>	0.40m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Se nota considerablemente la diferencia de volumen de material de sub base que ha disminuido al comparar el diseño de pavimento tradicional sin refuerzo con el diseñado haciendo uso de refuerzo con geomallas (1) por un total de 0.35m<sup>3</sup> de diferencia (disminuyó más del 50%).

Comparando el diseño del Pavimento Tradicional con el Pavimento Reforzado (2) se puede notar de igual manera una disminución de material granular de 0.20m<sup>3</sup> (disminuyó aproximadamente el 30%).

#### **4.2.4. Espesor del Pavimento**

Como ya se mostró anteriormente, se resumen los espesores y el porcentaje que disminuyó en cada diseño con respecto al pavimento tradicional en la siguiente tabla:

**Tabla 18***Porcentaje Disminuido del Espesor de la Losa de Concreto*

<b>Tipo</b>	<b>Espesor del Pavimento</b>	<b>% Disminuido</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	20 cm	-
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	20 cm	0%
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	17 cm	15%

Puede notarse que solo se consiguió disminuir en el mejor de los casos un 15% el espesor de la losa de concreto por sobre el método tradicional.

#### 4.2.5. Espesor de la Capa de Sub Base

Se resumen los espesores y el porcentaje que disminuyó la capa de sub base granular en cada diseño con respecto al pavimento tradicional en la siguiente tabla:

**Tabla 19**  
*Porcentaje Disminuido del Espesor de la Sub Base*

<b>Tipo</b>	<b>Espesor de la Sub Base</b>	<b>% Disminuido</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	60 cm	-
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	25 cm	58%
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	40 cm	33%

Fuente: Elaboración Propia

Se confirma que comparado con el método tradicional, el pavimento reforzado (1) redujo el espesor de su capa de sub base un 58%.

#### 4.2.6. Precio de las Partidas de Ejecución

##### 4.2.6.1. Sub Base Granular

En las partidas de ejecución tenemos la colocación de la sub base como material de mejoramiento para la sub rasante, se tendrá en consideración el precio por metro metro cúbico. El costo aproximado por metro cúbico de sub base granular ronda los 112 soles actualmente cerca de la localidad del proyecto, entonces calculamos los volúmenes de sub base que se deben rellenar por unidad de área a pavimentar de

cada sección de pavimento diseñado y lo multiplicamos por su precio correspondiente.

**Tabla 20**  
*Precio de Colocación de Sub Base Granular*

Tipo	Volumen de Sub Base Granular por m <sup>2</sup>	Valor Aproximado por m <sup>3</sup> de Sub Base Granular	Costo Final por unidad de Área Pavimentada
<b>Pavimento Tradicional</b>	0.60m <sup>3</sup>	S/. 112.00	S/. 67.20
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	0.25m <sup>3</sup>	S/. 112.00	S/. 28.60
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	0.40m <sup>3</sup>	S/. 112.00	S/. 44.80

Fuente: Elaboración Propia

Se nota una disminución del 57% en los precios comparando el pavimento tradicional con el pavimento reforzado (1) en lo que respecta a la colocación del material de sub base granular como mejoramiento de la sub rasante.

#### **4.2.6.2. Losa de Concreto**

En las partidas de ejecución también tenemos la colocación de la losa de concreto que servirá para el tránsito vehicular, se tendrá en consideración el precio por metro metro cúbico de la mezcla del concreto. El costo aproximado por metro cúbico de concreto de alta resistencia (210kg/cm<sup>2</sup>) ronda los 450 soles actualmente cerca de la localidad del proyecto, entonces calculamos los volúmenes de mezcla que se deben vaciar por unidad de área a pavimentar de cada sección de pavimento diseñado y lo multiplicamos por su precio correspondiente.

**Tabla 21***Precio de Colocación de la Mezcla de Concreto*

<b>Tipo</b>	<b>Volumen de Mezcla de Concreto por m<sup>2</sup></b>	<b>Valor Aproximado por m<sup>3</sup> de Concreto 210kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Costo Final por unidad de Área Pavimentada</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	0.20m <sup>3</sup>	S/. 450.00	S/. 90.00
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	0.20m <sup>3</sup>	S/. 450.00	S/. 90.00
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	0.17m <sup>3</sup>	S/. 450.00	S/. 76.50

Fuente: Elaboración Propia

Se nota una disminución del 57% en los precios comparando el pavimento tradicional con el pavimento reforzado (1) en lo que respecta a la colocación del material de sub base granular como mejoramiento de la sub rasante.

#### 4.2.6.3. Precio de las Partidas de Movimiento de Tierras

En las partidas de movimiento de tierras se tendrá en consideración el precio metro cúbico. El costo aproximado por metro cúbico de corte son 8.00 soles actualmente, entonces calculamos las alturas finales de cada sección de pavimento diseñado y lo multiplicamos por la unidad del área a pavimentar.

**Tabla 22***Precio del Movimiento de Tierras*

<b>Tipo</b>	<b>Altura Total de la Sección</b>	<b>Volumen de Corte por Unidad de Área a Pavimentar</b>	<b>Valor Aproximado por m<sup>3</sup> de Corte</b>	<b>Costo Final por unidad de Área Pavimentada</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	80 cm	0.80m <sup>3</sup>	S/. 8.00	S/. 6.40

<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	45 cm	0.45m <sup>3</sup>	S/. 8.00	S/. 3.60
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	57 cm	0.57m <sup>3</sup>	S/. 8.00	S/. 4.56

Fuente: Elaboración Propia

Se nota una disminución del 44% en los precios comparando el pavimento tradicional con el pavimento reforzado (1) en lo que respecta al corte hasta el nivel de la sub rasante.

#### 4.2.6.4. Resultados Finales de los Costos por Área Pavimentada

Entonces se calcula sumando tanto el movimiento de tierras, como la ejecución de la base y la ejecución de la losa de concreto para calcular el precio aproximado de cada diseño por metro cuadrado pavimentado.

**Tabla 23**

*Precios de cada Sección de Pavimento Rígido*

<b>Tipo</b>	<b>Costo por cada m2 de Corte</b>	<b>Coste por cada m2 de Sub Base</b>	<b>Costo por cada m2 de la Losa de Concreto</b>	<b>Costo Total De La Obra De Pavimentación sin Precio de Geomallas</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	S/. 6.40	S/. 67.20	S/. 90.00	S/. 163.90
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	S/. 3.60	S/. 28.60	S/. 90.00	S/. 122.20
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	S/. 4.56	S/. 44.80	S/. 76.50	S/. 125.86

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se muestran los precios por cada unidad de área pavimentada sin considerar el precio de las geomallas en el análisis.

Las geomallas tienen un valor aproximado de 13.00 soles por metro cuadrado colocado, así que la tabla final quedaría de la siguiente manera:

**Tabla 24**

*Precios Finales para cada Sección de Pavimento Rígido Reforzado con Geomallas*

<b>Tipo</b>	<b>Costo Total De La Obra De Pavimentación sin Precio de Geomallas</b>	<b>Precio de las Geomallas por m<sup>2</sup> de área pavimentada</b>	<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA DE PAVIMENTACIÓN</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	S/. 163.90	-	<b>S/. 163.90</b>
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	S/. 122.20	S/. 13.00	<b>S/. 135.20</b>
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	S/. 125.86	S/. 13.00	<b>S/. 138.86</b>

Fuente: Elaboración Propia

En efecto se ve una disminución considerable del costo final por metro cuadrado trabajado, los porcentajes se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 25**

*Porcentaje de Comparación de Precios con el Pavimento Tradicional*

<b>Tipo</b>	<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA DE PAVIMENTACIÓN</b>	<b>% Disminuido</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	S/. 163.90	-

<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	S/. 135.20	<b>17.5 %</b>
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	S/. 138.86	<b>15.3 %</b>

Fuente: Elaboración Propia

Si en todo caso el diseño de pavimento reforzado (2) no disminuyó en mucha cantidad su precio final, la diferencia con lo que disminuyó el pavimento reforzado (1) no es más del 5%, así que podría usarse un diseño con esos espesores de la estructura si es que así fuese necesario sin afectar demasiado el precio final de las partidas.

En el caso del diseño con el pavimento reforzado (1) y el pavimento tradicional se nota una disminución de precio del 17.5% por unidad de área pavimentada, lo cual es bastante considerable ya que se suele trabajar con miles de metros cuadrados pavimentados en proyectos de habilitación urbana y carreteras.

#### **4.2.6.5. Resultados Finales de la Cantidad de Material Granular Utilizado**

Para finalizar, el objetivo principal del informe era demostrar que se podía disminuir la cantidad de material granular utilizada en obras vehiculares sin afectar considerablemente la efectividad del pavimento y los costos de su operación. Para ello agrupamos todos los datos previamente calculados de material granular utilizado en cada estructura diseñada.

**Tabla 26**

*Volumen de Material Granular Usado en los diferentes Diseños*

<b>Tipo</b>	<b>Sub Base Granular Utilizado por Unidad de Área Pavimentada</b>	<b>Material Granular Utilizada en la Mezcla de Concreto por Unidad de Área Pavimentada</b>	<b>Material Granular Total Utilizado</b>
-------------	---	--	--

<b>Pavimento Tradicional</b>	0.60 m <sup>3</sup>	0.13 m <sup>3</sup>	<b>0.73 m<sup>3</sup></b>
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	0.25 m <sup>3</sup>	0.13 m <sup>3</sup>	<b>0.38 m<sup>3</sup></b>
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	0.40 m <sup>3</sup>	0.11 m <sup>3</sup>	<b>0.51 m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia una disminución considerable en la cantidad de material granular utilizado en el diseño del pavimento refuerzo (1), lo que significaría una menor cantidad de agregado que transportar y un menor impacto ambiental para la habilitación de nuevas áreas urbanas.

**Tabla 27**

*Porcentaje Disminuido en Uso de Material Granular*

<b>Tipo</b>	<b>Material Granular Total Utilizado</b>	<b>% Disminuido</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	0.73 m <sup>3</sup>	-
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	0.38 m <sup>3</sup>	<b>47.9 %</b>
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	0.51 m <sup>3</sup>	<b>30.1 %</b>

Fuente: Elaboración Propia

## V. DISCUSIÓN

Recordemos el motivo principal del informe de investigación y los objetivos planteados al inicio de éste documento. Disminuir principalmente la cantidad de material granular usado tanto para la mezcla de concreto que utiliza la losa del pavimento rígido y el volumen de relleno que deberá colocarse como cama de apoyo para el pavimento rígido, que vendría a ser el material de sub base.

Para conseguir tales objetivos se hicieron tres diseño de pavimento rígido para el proyecto de Nueva Requena ubicado en la provincia de Coronel Portillo y la región de Ucayali, en la cual dos de los tres diseños hacen uso de refuerzos con geomallas Biaxiales BX – 1200. Entonces:

### 5.1. Disminución de la Sub Base Granular mediante Geosintéticos

Según lo ya analizado anteriormente en el diseño de **pavimento rígido reforzado (1)**, se ha conseguido disminuir considerablemente los volúmenes de material para sub base granular, según se indica en la **Tabla 17**, en aproximadamente un 58%, lo cual es bastante considerable dado a que significaría menor cantidad de corte y menor cantidad de agregado que deberá explotarse de las canteras aledañas.

La disminución del material de corte involucra que la maquinaria no deberá hacer excavaciones muy profundas por lo tanto no será necesario tener mayor cuidado en el desmoronamiento del terreno colindante a la zona excavada, debido a que la altura del corte pasó de ser un total de 0.80m a 0.45m (**Tabla 22**), un poco menos de la mitad y sin considerar que dependiendo del proyecto y estudio de suelos siempre se recomienda mejorar una altura respectiva por debajo del nivel de la sub rasante cuando se trata de suelos blandos.

### 5.2. Disminución del Espesor de la Losa de Concreto mediante Geosintéticos

De igual forma se realizó un análisis respectivo para disminuir el espesor de la losa de concreto en el diseño de **pavimento rígido reforzado (2)** que servirá para soportar el flujo vehicular y tratando de llegar al espesor mínimo de 15cm. Debido

a que el Manual de Carreteras del MTC expone algunos diseños para un mínimo de espesor con dicho valor (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” - 14.2. Secciones de Estructuras de Pavimento Rígido).

Entonces se obtuvo una disminución muy poco considerable, de 20cm de espesor del pavimento rígido a tan solo 17cm, tan solo 3cm de espesor disminuido, lo cual no alcanzó la meta de los 15cm, puesto que al tratarse de un diseño mediante una fórmula logarítmica los resultados llegaban a ser poco favorables para el diseño de la estructura en general.

También se calculó el material granular que disminuye tanto en la sub base como el empleado para la mezcla de concreto, pero tampoco se logra apreciar una disminución muy considerable (según se muestra en la **Tabla 27**), siendo más efectivo el diseño **(1)** de pavimento rígido reforzado con geomallas.

### **5.3. Disminución del Espesor de la Estructura General del Pavimento mediante Geosintéticos**

Finalmente, se estableció la enorme diferencia que hay entre la altura de diseño de los pavimentos reforzados **(1)** y **(2)** con la del pavimento tradicional. Los resultados de la **Tabla 22** muestran que puede disminuir un poco menos de la mitad, lo cual disminuiría los riesgos de excavación y los costos por ocupar menos altura de trabajo.

Como se ha intentado demostrar, los precios del pavimento haciendo uso de geomallas biaxiales no eleva los costos de producción hasta incluso termina disminuyéndolos, lo cual es positivo para los proyectos de obras viales en zonas urbanas donde se espera que el tránsito de vehículos vaya en aumento con relación al incremento del comercio y población.

Debido a que se haría un menor uso de material de cantera para la sub rasante y en la mezcla de concreto (aunque en la mezcla de concreto no es muy apreciable)

los lugares de extracción de agregado tendrían mayor abasto para cubrir una cantidad más elevada de proyectos de infraestructura vial y edificaciones, lo que retardaría la necesidad de la creación de canteras provisionales cerca de ríos que abastecen a poblaciones cercanas, mas no es una forma de mitigar completamente o eliminar el impacto ambiental que seguirá causando la explotación de material granular, afectando así tanto al medio ambiente como en aspectos sociales y políticos.

Una de las propuestas que se estuvieron analizando durante el desarrollo de la tesis era plantear canteras artificiales cerca de montañas lo cual terminó no siendo una opción valorable puesto a que no todas las localidades tienen a su disposición dichos elementos y no todas las montañas cumplen las características necesarias para ser explotadas con voladura.

Otra opción que se intentó estudiar fue sobre hacer uso de material reciclado como reemplazo del material granular, una buena opción parecía ser el vidrio molido o reciclado puesto a que está conformado por moléculas de arena y ya que la mayoría de éste material termina en vertederos y flotando en el mar, podría ser una buena oportunidad de mitigar el impacto ambiental por sobre explotar canteras y desechar basura, pero conforme se iba analizando el costo de fabricación, transporte y uso de este material, sin mencionar todos los procesos químicos por los que debe pasar el vidrio para poder reutilizarse, seguía siendo una opción más barata el uso de la arena y piedra chancada.

Se resumen a continuación todo lo realizado en el informe:

- Se realizó el estudio de suelos respectivo en el cual se determinó un suelo aparentemente blando con un CBR% más bajo de 4.7%. Para el cual se planteó un pavimento de concreto hidráulico debido a la cantidad de precipitación zonal, lo cual impedía plantearse un pavimento flexible de material asfáltico debió a que la lluvia podría terminar por desplazar todo el material mucho antes de que se cumpliera la vida útil del diseño.
- Se hicieron tres diseños representativos para las vías urbanas del proyecto en la Localidad de Nueva Requena, Provincia de Coronel Portillo y Región

de Ucayali para demostrar que se puede hacer uso de una menor cantidad de material de cantera para evitar así el uso excesivo y sin control de canteras de agregado granular. Puesto que, un uso imprudente de las canteras a corto alcance terminará con su vaciado y la búsqueda de canteras más lejanas, provocando así la alza de precios en el mercado y perjudicando a nuevas obras que se llevarían a cabo en el futuro, sin contar que podría causar un gran impacto ambiental si es que se desarrollan canteras provisionales en los bordes de ríos aumentado los peligros por inundamiento de los ríos.

- Para el diseño del pavimento rígido con refuerzo **(1)** y **(2)** se hizo consideración de geomallas biaxiales BX-1200 a nivel de la sub base granular para sujetar el material y mejorar la capacidad portante del terreno de fundación.
- Se determinó el diseño del **Pavimento Rígido Tradicional** con unos espesores finales presentados en la **Tabla 9**, con un pavimento de 20cm de espesor y una sub base granular de 60cm de espesor. No se consideró en este diseño el uso de refuerzo con geomallas, se utilizó un diseño convencional para un pavimento rígido con una resistencia la compresión de 210kg/cm<sup>2</sup> y una sub base granular con un CBR% de 40%.
- Se determinó el diseño del **Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)** con unos espesores finales presentados en la **Tabla 11**, con un pavimento de 20cm de espesor y una sub base granular de 25cm de espesor. En ella se consideró el uso de geomallas BX – 1200 para el diseño a nivel de la sub base granular. Se utilizaron los espesores más óptimos para el diseño del pavimento rígido de la localidad de Nueva Requena debido a que es por mucho la que menor precio alcanzó en sus costos finales y es la que menor cantidad de movimiento de tierras necesita.
- Se determinó el diseño del **Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)** con unos espesores finales presentados en la **Tabla 13**, con un pavimento de 17cm de espesor y una sub base granular de 40cm de espesor. En éste diseño se intentó disminuir la mayor cantidad posible el espesor de la losa de concreto, obteniendo tan solo 3cm de diferencia con

el tradicional, lo cual no dio un resultado económico o con respecto a la trabajabilidad más factible que la del diseño **(1)**.

- Según la **Tabla 24**, el diseño de pavimento rígido con refuerzo de geomallas **(1)** disminuyó el precio por área pavimentada S/. 28.70 nuevos soles mientras que la opción número **(2)** lo disminuyó solamente S/. 25.46 nuevos soles, únicamente S/. 3.24 nuevos soles de diferencia, por lo que no habría mucha diferencia en costos por usar uno u otro diseño, la diferencia sería meramente en la altura a excavar y la dificultad que lleva a cabo eso.
- Según la **Tabla 27**, el diseño de pavimento rígido con refuerzo de geomallas **(1)** disminuyó la cantidad de material granular utilizado un 47.9% mientras que la opción número **(2)** lo disminuyó solo por un 30.1%. Por lo tanto la cantidad de material granular disminuye considerablemente más en el diseño **(1)**, siendo así la mejor opción para evitar el uso innecesario de material de cantera.
- Finalmente, la opción de Diseño de Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas más eficiente vendría a ser por mucho la opción número **(1)**. Con casi el 50% de volumen de material disminuido y una variación de precios bastante considerable, teniendo en cuenta que los proyectos de obras viales suelen trabajar con áreas bastante grandes para pavimentar.

## VI. CONCLUSIONES

### Disminución de la Sub Base Granular

Se aprecia entonces que en el diseño del pavimento rígido reforzado con geomallas (1) se redujo un 58% el volumen de material (por unidad de área pavimentada) de sub base granular que será necesaria como cama de apoyo para la losa de concreto, mientras que la opción (2) solo redujo un 33% la cantidad necesaria de dicho material de relleno, por lo que en este caso, la mejor opción es el diseño reforzado número (1).

**Tabla 28**

*Porcentaje Disminuido de Material de Sub Base*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Material de Sub Base (m3)</b>	0.60m <sup>3</sup>	0.25m <sup>3</sup>	0.40m <sup>3</sup>
<b>% Disminuido</b>	-	58%	33%

Fuente: Elaboración Propia

Disminuir el material de corte tiene como consecuencia que la maquinaria no necesite realizar excavaciones muy profundas, con esto se reducen los tiempos de trabajo y la dificultad para llegar a niveles muy profundos del terreno.

Al tratarse de una menor cantidad de material de sub base, será un menor recorrido que deberá hacer la maquinaria para el transporte del mismo. Se evita el riesgo de un posible retraso por la llegada del material a la obra en caso la cantera se encuentre muy lejos de la zona del proyecto o estén obstaculizadas las vías de acceso.

La duración de las canteras aumentaría por la menor explotación de su terreno lo cual evitaría que se tengan que realizar canteras artificiales (en el caso que sea necesario) a la orilla de ríos o meandros.

## Disminución del Espesor de la Losa de Concreto

Se realizó un diseño reduciendo el espesor de la losa de concreto esperando que alcanzara un mínimo de 15cm, y que el espesor de sub base necesaria no superara demasiado lo calculado en el diseño del pavimento con refuerzo (1). De esta forma obtener las dimensiones más eficientes de la estructura del pavimento rígido.

**Tabla 29**

*Porcentaje Disminuido del Espesor de la Losa de Concreto*

	<b>Pavimento Tradicional de Concreto</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (1)</b>	<b>Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas (2)</b>
<b>Pavimento Rígido</b>	20cm	20cm	17cm
<b>% Disminuido</b>	-	0%	15%

Fuente: Elaboración Propia

Si bien se consiguió reducir el espesor de la losa de concreto y también de su sub base de tal forma que no se vea afectada la efectividad del pavimento, no se logró conseguir una variación muy significativa en comparación con el diseño del pavimento reforzado (1).

Con tan solo una diferencia de un 15% en el espesor del pavimento rígido (el cual también coincide con el volumen de concreto a utilizar por unidad de área pavimentada) y de un 33% del material de sub base granular, no llega a ser mejor opción que el pavimento reforzado (1).

### Comparación de precios entre los diferentes diseños

Se compararon los precios finales que tendría la ejecución de cada uno de los diseños calculados, incluyendo en ellos: excavación del terreno natural, refuerzo con geomallas biaxiales, relleno con material granular y colocación de la mezcla para la losa de concreto.

Con esto se esperaba comprobar que al igual que la trabajabilidad de la ejecución no se vio afectada (incluso llegó a facilitarse la ejecución), los costos finales de la operación no aumentarían. Entonces, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 30**  
*Porcentaje Disminuido del Costo Final del Diseño*

<b>Tipo</b>	<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA DE PAVIMENTACIÓN</b>	<b>% Disminuido</b>
<b>Pavimento Tradicional</b>	S/. 163.90	-
<b>Pavimento Reforzado (1)</b>	S/. 135.20	17.5 %
<b>Pavimento Reforzado (2)</b>	S/. 138.86	15.3 %

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que el precio de ejecución se disminuyó un 15.3% en el mejor de los casos, lo cual comprueba que sigue siendo económicamente factible el uso de geomallas para disminuir la cantidad de material granular y con ello evitar la sobre explotación de canteras.

## VII. RECOMENDACIONES

Los ensayos realizados por Steve W. Perkins en su informe de investigación *Development of Design Methods for Geosynthetic Reinforced Flexible Pavements* son para suelos blandos, o sea de un CBR% no mayor de 5%. Significa así que no se recomienda aplicar el uso de la fórmula expuesta para el cálculo del *coeficiente de reacción combinado* en terrenos con un CBR% demasiado alto o alejado de los valores ya mencionados.

En el presente estudio se hizo uso de una geomallas Biaxial BX – 1200, considerar que la abertura de la geomalla debe confinar correctamente las partículas más grandes de la capa de sub base granular, en todo caso podría usarse una geomalla Biaxial con un tamaño de abertura más pequeño, para que así no existan problemas a la hora de sostener el material.

En todo caso se puede hacer uso de geotextiles no tejidos como adicional para separar la capa de la sub rasante a la capa de la sub base granular, de esta forma evitar que ambas capas se mezclen entre sí y ayudando a que la geomalla biaxial realice correctamente su tamaño.

Una opción para no tener que utilizar una capa de geomalla biaxial y geotextil no tejido es hacer uso de un geocompuesto geotextil tejido, el cual posee las mismas características de confinamiento que las geomallas biaxiales y la de separación de los geotextiles no tejidos, con la facilidad de que será necesario aplicar esta capa únicamente una vez.

Las geoceldas otorgan también capacidades portantes al terreno natural y mejoran el coeficiente de reacción del suelo, así que se recomienda realizar un estudio con el principal objetivo de demostrar que el uso de geoceldas son igual de eficientes (o mejores) como refuerzo del terreno natural.

Incluso, al tener esa forma característica de panal de abeja, confina mejor tanto material granular con partículas muy grandes como también las muy pequeñas, y para evitar la disgregación o que se mezcle el material confinado en sus celdas con el terreno natural se podría hacer uso de geotextiles no tejidos como separador.

## REFERENCIAS

- Beiser, V. (2018). *The World in a Grain: The Story of Sand and How It Transformed Civilization*.
- Cuartas Ramírez, C. M. (2015). *Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/13740>
- (s.f.). *Figura 3. Minería no metálica ilegal en San Bartolo. Foto aérea tomada por la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM/2014)*. Obtenido de <http://www.pcm.gob.pe/2014/08/detectan-canteras-ilegales-para-explotacion-de-mineria-no-metalica-en-la-capital/>
- Gestión. (23 de Mayo de 2014). *Gestión*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/gobierno-intervino-cinco-canteras-ilegales-material-construccion-san-bartolo-61023-noticia/>
- Hadi, M. N. (2020). *Flexural fatigue behaviour of geogrid reinforced concrete pavements*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820307674>
- Lopez Lopez, M. A. (2019). *Evaluar la construcción de un pavimento rígido empleando una geomalla triaxial para su viabilidad técnica, económica e impacto ambiental en la av. circunvalación Túpac Amaru -Chaupimarca – Pasco*. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3587>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). *Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección Suelos y Pavimentos*. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Oficina de Prensa e Imagen Institucional. (27 de Agosto de 2014). *Presidencia del Consejo de Ministros*. Obtenido de <http://www.pcm.gob.pe/2014/08/detectan-canteras-ilegales-para-explotacion-de-mineria-no-metalica-en-la-capital/>

- Perkins, D. S. (2004). *Development of Design Methods for Geosynthetic Reinforced Flexible Pavements*. Obtenido de [https://westerntransportationinstitute.org/research\\_projects/development-of-design-methods-for-geosynthetic-reinforced-flexible-pavements/](https://westerntransportationinstitute.org/research_projects/development-of-design-methods-for-geosynthetic-reinforced-flexible-pavements/)
- Singh, M. (2020). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532032040X>
- Tapia Diez, A. R., Barona Fajardo, F. E., & Inga Morán, L. R. (s.f.). *Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes - Pocito*.
- Urresta Melo, Y. M. (2015). *Análisis de alternativas de diseño con geoceldas, en estructuras de pavimento, estudio de caso carrera 12, Funza - Cundinamarca*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/13150>
- VásquezAgip, J. K. (2020). *COMPARACIÓN ENTRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE*. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3945>

## **ANEXOS**

ANEXO 1. Declaratoria de Autenticidad (autor)

ANEXO 2. Declaratoria de Autenticidad (asesor)

ANEXO 3. Matriz de Operacionalización de Variables

ANEXO 4. Instrumento de Recolección de Datos

ANEXO 5. Estudio de Mecánica de Suelos

ANEXO 6. Estudio e Informe de Tráfico

ANEXO 7. Hojas de Cálculo de Diseño de Pavimento Rígido

ANEXO 8. Diseño de Mezcla



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 2039229130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+140 **JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**MATERIAL** : Existente **TECNICO** : Victor Ruiz V.

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena **FECHA** : Mayo - 2017.

**LADO** : Derecho

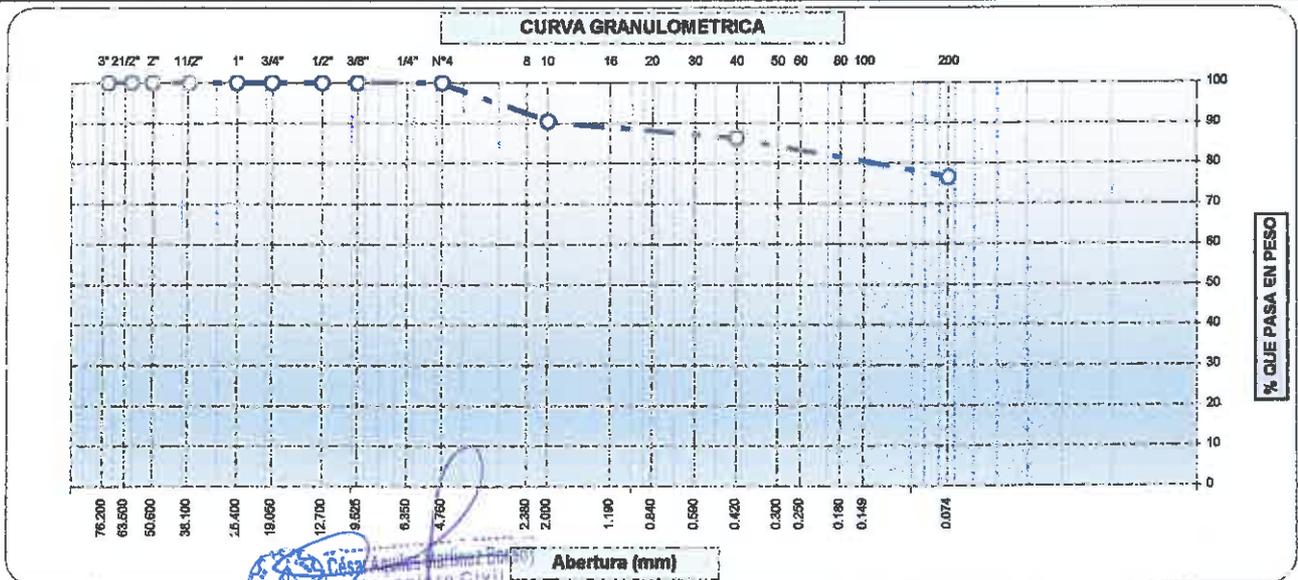
**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-003 **TAMAÑO MÁXIMO** : 3"

**MUESTRA** : M-001 **Peso Inicial seco** : 3206 gr.

**PROF. (m)** : 0.50 - 2.00 m. **Peso Arena Fracción** :

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material en Especificación	Descripcion
3"	73.000						<b>1. Características</b>
2 1/2"	60.300						Tamaño Máximo Nominal <u>2 1/2"</u>
2"	50.800						Grava
1 1/2"	37.500						Arena <u>100.0 %</u>
1"	25.400						Finos <u>76.3 %</u>
3/4"	19.000						Humedad Natural <u>12.3 %</u>
1/2"	12.700						<b>2. Clasificación</b>
3/8"	9.520						Límite Líquido (%) <u>41.18 %</u>
1/4"	6.350						Límite Plástico (%) <u>25.43 %</u>
N° 4	4.750				100.0		Índice de Plasticidad (%) <u>15.76 %</u>
N° 8	2.360						Clasificación SUCS <u>CL</u>
N° 10	2.000	304.8	9.5	9.5	90.5		Clasificación AASHTO <u>A-7-6 (11)</u>
N° 16	1.190						<b>3. Detalle del Material</b>
N° 20	0.850						Material inorgánico, arcilla limosa de color marrón con betas cremas, de regular plasticidad y regular expansión, con características de drenaje casi impermeable; suelo semi compacto.
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	134.7	4.2	13.7	86.3		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
N° 80	0.180						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
N° 100	0.150						
N° 200	0.074	320.6	10.0	23.7	76.3		
Pasante		2,446.2	76.3	100.0			



(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.E. 034-2009-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 Marcos Chacaltana G. 0841-579105  
 ESPECIALISTA EN GEOTÉCNICA 0841-273888

Urb. Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 Tel: geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - ORIENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20193220130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40**  
 (NORMA MTC E 110, MTC E 111, ASTM D 1241 y NTP 339.129)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : "Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+140

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB** : Marcos Chacaltana Garcia

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-03 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40

**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.50 - 2.00 m.

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		5	4	3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.89	59.35	55.77	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	47.29	55.87	52.34	
Peso de Tarro	gr.	39.09	47.47	43.74	
Peso de Agua	gr.	3.60	3.48	3.43	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.20	8.40	8.60	<b>LIMITE LIQUIDO</b>
Contenido de Humedad	%	43.93	41.40	39.86	41.18
Numero de Golpes		15	24	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

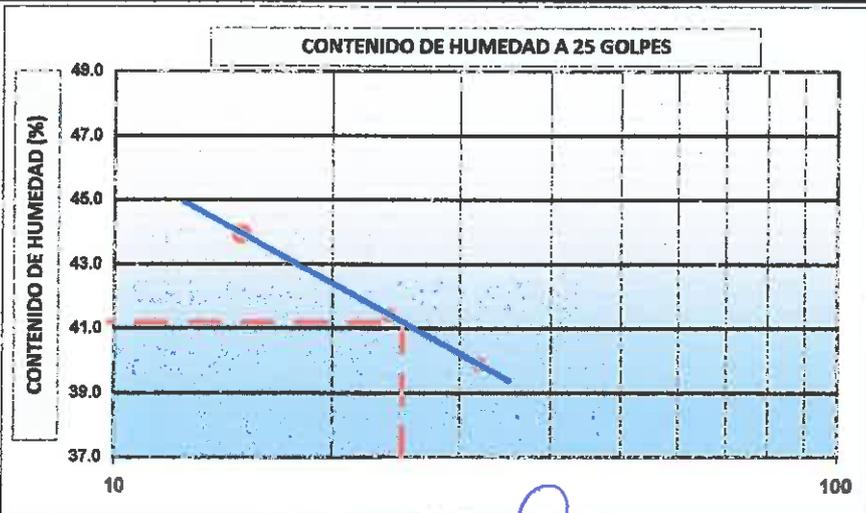
N° de Tarro		17	18	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	22.82	22.97	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	20.74	20.81	
Peso de Tarro	gr.	12.51	12.36	
Peso de Agua	gr.	2.08	2.16	
Peso de Suelo seco	gr.	8.23	8.45	<b>LIMITE PLASTICO</b>
Contenido de Humedad	%	25.29	25.57	25.43

**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

Limite Liquido	41.18 %
Limite Plastico	25.43 %
Indice de Plasticidad	15.76 %

**HUMEDAD NATURAL**

Peso de tara (gr)	-
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	563.7
Peso de tara + muestra seca (gr)	502.0
Peso del agua contenida (gr)	61.7
Peso de la muestra seca (gr)	502.0
Contenido de Humedad (%)	12.30 %



(Fuente de Normalizacion)

Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) P.S. 03/2003-GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

Av. Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

GEOTÉCNICA S.R.L.

RUC N° 20193220130

Marcos Chacaltana (RUC N° 20193220130) 578103

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA 961623001

RPM 273888



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA** S.R.L.  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20393220130



INDECOP: Certificado N° 00081702

**RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO Y STANDARD)**  
 (NORMA MTC E 115, MTC E 116 ASTM D 1557, D 698, AASHTO T 180 Y NTP 339.141)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : "Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACION** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+140

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-003

**MUESTRA** : M-001

**PROF. (m)** : 0.50 - 2.00 m.

**TAMAÑO MAXIMO** : CL

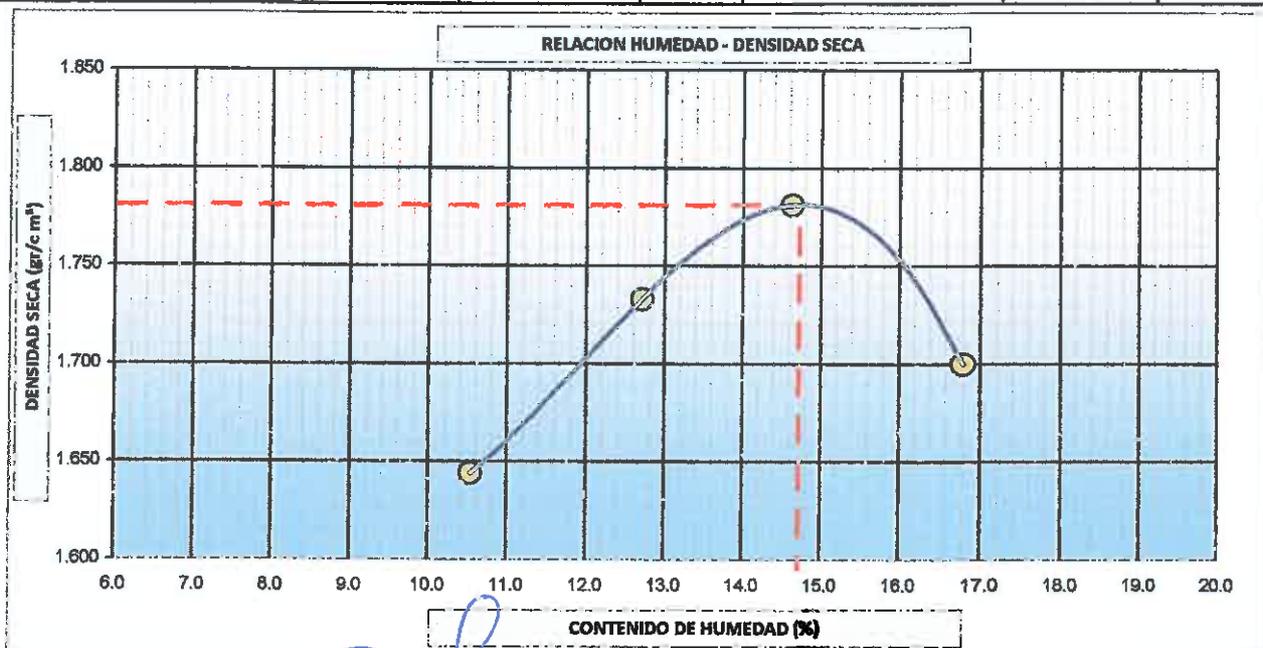
**Peso inicial seco** : A-7-6 (11)

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	921	Cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	1645	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	3,319	3,444	3,525	3,474
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,674	1,799	1,880	1,829
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.817	1.953	2.042	1.986
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	403.5	476.8	586.9	543.1
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	365.0	423.0	512.0	465.0
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	38.5	53.8	74.9	78.1
Peso del suelo seco	gr.	365.0	423.0	512.0	465.0
Contenido de agua	%	10.5	12.7	14.6	16.8
Densidad Seca	gr/cc	1.644	1.733	1.781	1.700

**RESULTADOS**

Densidad Máxima Seca : 1.781 (gr/cm³) Humedad óptima : 14.7 %



(Fuente de Normalización)

Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2002-TRC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 19-2016-MTC/14

César Aquiles Martínez Bordo

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

GEOTÉCNICA E.I.R.L.

Av. Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 Tel: geotecnia.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnia.pucallpa.com

Marcos Chacaltana  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 RPM 273858



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - DIRECCIONES  
 CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20393220130



INDECOP: Certificado N° 003R1702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tomillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tomillo) y Jr. Tomillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACION** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+140

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** Marcos Chacaltana G.  
**TECNICO** : Victor Ruiz V.  
**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-03

**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.50 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : CL

**CLASF. (AASHTO)** : A-7-6 (11)

**CALCULO DEL CBR**

Moide N°	5	3	2			
Capas N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	26	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11771.5	12385.1	12300.4			
Peso de molde (g)	7426.0	8360.0	8460.0			
Peso del suelo húmedo (g)	4345.5	4025.1	3840.4			
Volumen del molde (cm³)	2128.0	2113.0	2131.0			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.042	1.905	1.802			
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	446.0	418.6	326.9			
Peso suelo seco + tara (g)	389.0	365.0	285.0			
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	57.0	53.6	41.9			
Peso de suelo seco (g)	389.0	365.0	285.0			
Contenido de humedad (%)	14.7	14.7	14.7			
Densidad seca (g/cm³)	1.781	1.661	1.671			

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
Mayo - 2017.	10:14	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
# VALOR!	10:14	24	30	0.762	0.663	40	1.016	0.883	70	1.778	1.546
# VALOR!	10:14	48	150	3.810	3.313	180	4.572	3.976	250	6.350	5.522
# VALOR!	10:14	72	250	6.350	5.522	300	7.620	6.626	380	9.652	8.393

Expansion = 8.39 %

**PENETRACION**

PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02	
mm	pulg	kg/cm²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		18	17.9			15	14.8			12	11.8		
1.270	0.050		42	42.5			26	25.6			20	19.4		
1.905	0.075		67	67.2			36	36.5			27	27.1		
2.540	0.100	70.46	91	91.8	-	6.7	47	47.3	-	3.5	35	34.7	-	2.6
3.810	0.150		125	126.3			62	62.4			45	45.4		
5.080	0.200	105.68	168	169.4	-	8.3	81	81.3	-	4.0	59	58.8	-	2.9
6.350	0.250		211	212.6			106	106.5			76	76.6		
7.620	0.300		254	255.7			131	131.8			94	94.4		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

**OBSERVACIONES :** Prensa de CBR

**MARCA** : LOADTRON  
**MODELO** : LST-10K-LD CLASE III  
**SERIE** : G860103  
**CAPACIDAD** : 10 KLB  
**PANTALLA** : INDICADOR



(Fuente de Normalizacion) Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 634-2006  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(061) 579105  
 961623001  
 RPM 273688



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : "Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+140

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-03

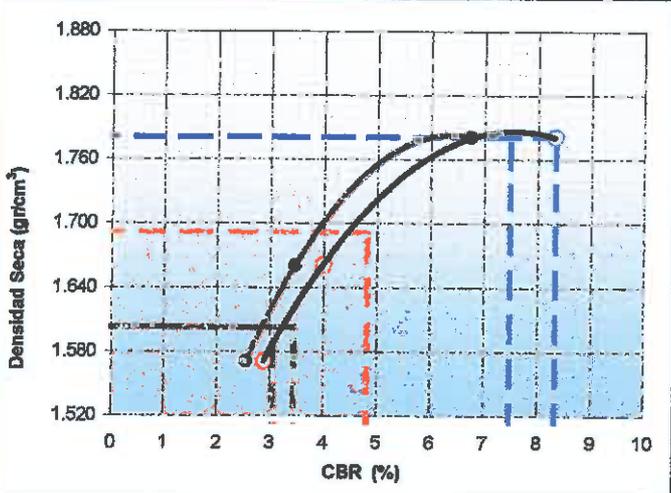
**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.50 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : CL

**CLASF. (AASHTO)** : A-7-6 (11)

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



**METODO DE COMPACTACION** : A

**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.781

**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 14.7

**95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.692

**90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.603

CBR. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	7.5	0.2"	8.3
CBR. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.8	0.2"	4.8
CBR. al 90% de M.D.S. (%)	0.1"	3.4	0.2"	3.1

**RESULTADOS:**

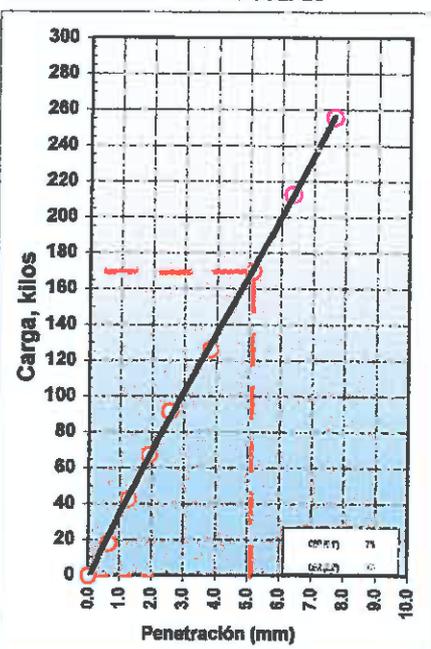
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 8.3 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.8 %

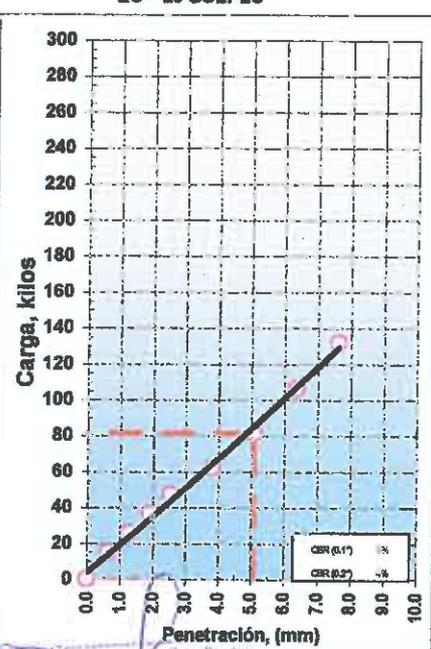
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 3.4 %

**OBSERVACIONES:**

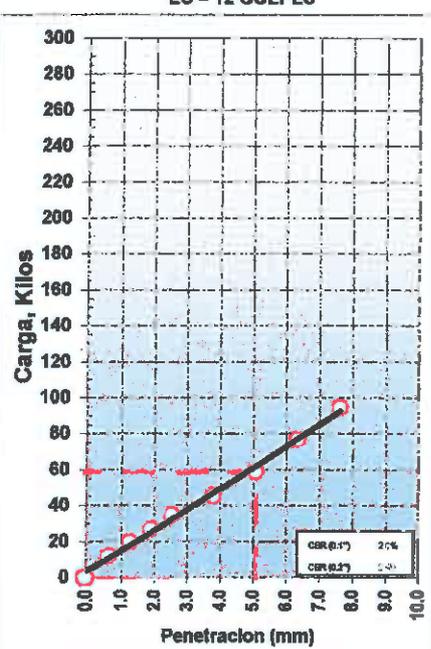
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2009-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 203522015C



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

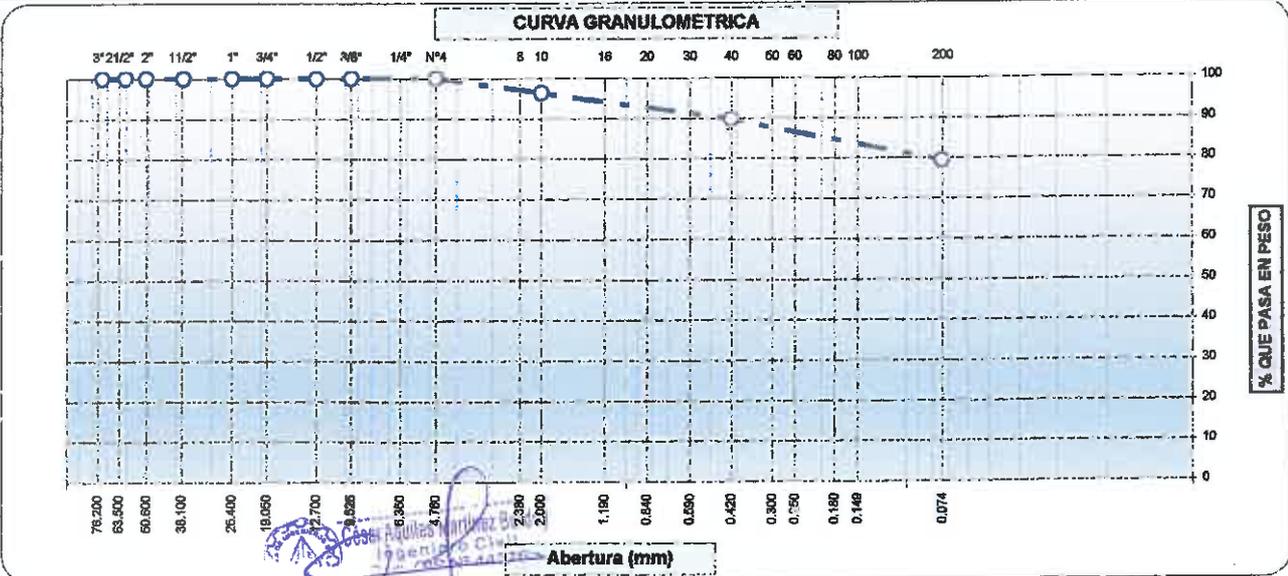
**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+440  
**MATERIAL** : Existente  
**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena  
**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.  
**TECNICO** : Víctor Ruiz V.  
**FECHA** : Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-007 **TAMAÑO MÁXIMO** : \_\_\_\_\_  
**MUESTRA** : M-001 **Peso inicial seco** : 3566 gr.  
**PROF. (m)** : 0.30 - 2.00 m. **Peso Arena Fracción** : \_\_\_\_\_

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
3"	73.000						<b>1. Características</b>
2 1/2"	60.300						Tamaño Máximo Nominal
2"	50.800						Grava
1 1/2"	37.500						Arena <b>100.0 %</b>
1"	25.400						Finos <b>79.3 %</b>
3/4"	19.000						Humedad Natural <b>17.2 %</b>
1/2"	12.700						<b>2. Clasificación</b>
3/8"	9.520						Límite Líquido (%) <b>51.18 %</b>
1/4"	6.350						Límite Plástico (%) <b>25.73 %</b>
N° 4	4.750				100.0		Índice de Plasticidad (%) <b>25.45 %</b>
N° 8	2.360						Clasificación SUCS <b>CH</b>
N° 10	2.000	130.2	3.7	3.7	96.4		Clasificación AASHTO <b>A-7-6 (16)</b>
N° 16	1.180						<b>3. Detalle del Material</b>
N° 20	0.850						Material inorgánico, arcilla de color blanco de alta plasticidad, de mediana compresibilidad y alta expansión con características de drenaje impermeable, Suelo semicomacto, con alto porcentaje de humedad
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	238.9	6.7	10.4	89.7		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
N° 80	0.180						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
N° 100	0.150						
N° 200	0.074	369.1	10.4	20.7	79.3		
Pasante		2,827.8	79.3	100.0			



(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 (081) 578105  
 Marcos Chacaltana G. 57823001  
 ESPECIALISTA EN GEOTÉCNICA 273888

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CERTIFICACIONES  
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
RUC N° 20382226130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E 110, MTC E 111, ASTM D 1241 y NTP 339.129)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+440

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB** : Marcos Chacaltana Garcia

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-07 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40

**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.30 - 2.00 m.

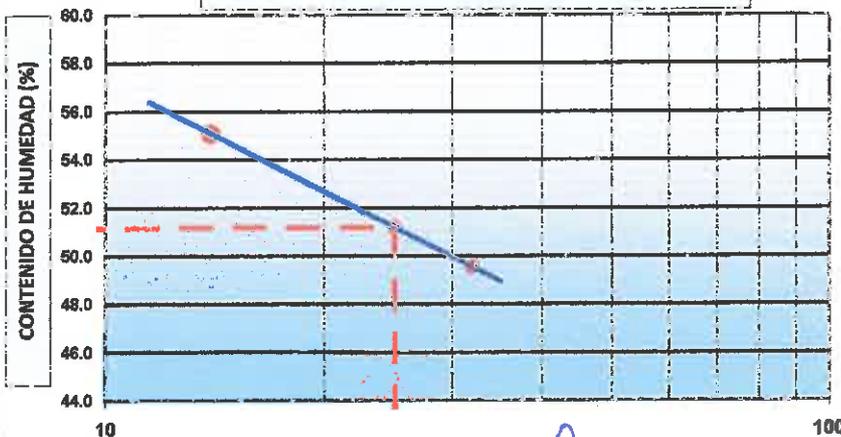
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		8	10	12	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	55.03	59.40	57.03	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	49.83	54.46	52.20	
Peso de Tarro	gr.	40.38	44.81	42.45	
Peso de Agua	gr.	5.20	4.94	4.83	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.45	9.65	9.75	<b>LIMITE LIQUIDO</b>
Contenido de Humedad	%	55.05	51.18	49.53	<b>51.18</b>
Numero de Golpes		14	25	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		12	14	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	23.85	24.11	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	21.46	21.67	
Peso de Tarro	gr.	12.14	12.22	
Peso de Agua	gr.	2.39	2.44	
Peso de Suelo seco	gr.	9.32	9.45	<b>LIMITE PLASTICO</b>
Contenido de Humedad	%	25.59	25.87	<b>25.73</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

Limite Liquido	<b>51.18 %</b>
Limite Plastico	<b>25.73 %</b>
Indice de Plasticidad	<b>25.45 %</b>

**HUMEDAD NATURAL**

Peso de tara (gr)	-
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	577.9
Peso de tara + muestra seca (gr)	493.0
Peso del agua contenida (gr)	84.9
Peso de la muestra seca (gr)	493.0
Contenido de Humedad (%)	<b>17.23 %</b>

(Fuente de Normalización)

Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 084-2013-MTC

Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

César Aquiles Martínez Bortoy  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP N° 44378

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA E.I.R.L.  
Marcos Chacaltana Garcia  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
Tel: geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
www.geotecnica.pucallpa.com

061) 579105  
961623001  
RPM \*273886



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20365226130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO Y STANDARD)**  
 (NORMA MTC E 115, MTC E 116 ASTM D 1557, D 698, AASHTO T 180 Y NTP 339.141)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+440

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**GALICATA** : C-007

**MUESTRA** : M-001

**PROF. (m)** : 0.30 - 2.00 m.

**TAMAÑO MAXIMO** : CH

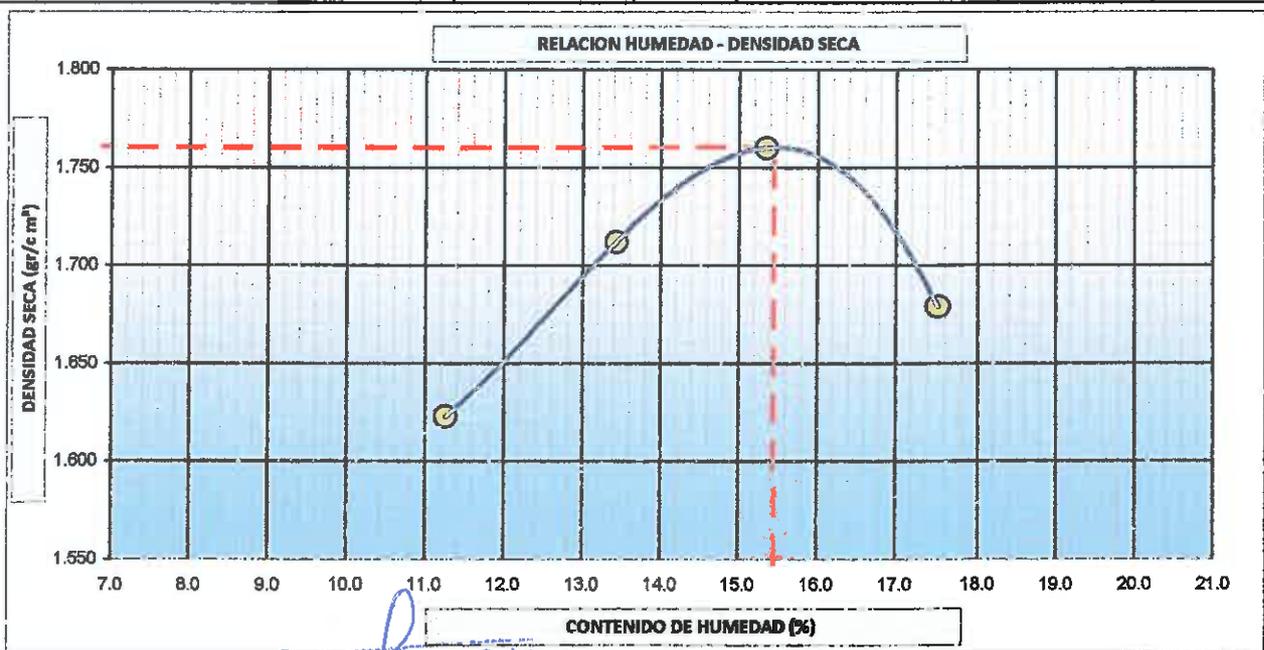
**Peso inicial seco** : A-7-6 (16)

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	921	Cm <sup>3</sup>	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	1645	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	3,308	3,434	3,515	3,462
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,663	1,789	1,870	1,817
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.806	1.942	2.030	1.973
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	432.8	483.2	618.3	561.7
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	389.0	426.0	536.0	478.0
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	43.8	57.2	82.3	83.7
Peso del suelo seco	gr.	389.0	426.0	536.0	478.0
Contenido de agua	%	11.3	13.4	15.4	17.5
Densidad Seca	gr/cc	1.623	1.712	1.760	1.679

**RESULTADOS**

Densidad Máxima Seca : 1.760 (gr/cm3) Humedad óptima : 15.5 %



(Fuente de Normalización)

Manual de carreteras "Especificación Técnica Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2003  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

César Aníbal Martínez Bordo  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 44370

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 Marcos Chacaltana García  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Av. Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(061) 579105  
 981623001  
 RPM 273888



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CEMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20393220130



INDECOP. Certificado N° 00011762

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dioniso Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Cr. Tomillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dioniso hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tomillo) y Jr. Tomillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dioniso), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dioniso Maldonado Prog. 0+440 **JEFE LAB.** Marcos Chacaltana G.

**MATERIAL** : Existente **TECNICO** : Victor Ruiz V.

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena **FECHA** : :Mayo - 2017

**LADO** : Derecho

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-07 **CLASF. (SUCS)** : CH  
**MUESTRA** : M-01 **CLASF. (AASHTO)** : A-7-6 (16)  
**PROF. (m)** : 0.30 - 2.00 m.

**CALCULO DEL CBR**

Condicion de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
	NO SATURADO	SATURADO						
Molde N°	4		3		2			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	66		26		12			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11759.5		12359.2		12272.8			
Peso de molde (g)	7489.0		8360.0		8460.0			
Peso del suelo húmedo (g)	4270.5		3999.2		3812.8			
Volumen del molde (cm³)	2103.0		2113.0		2131.0			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.031		1.893		1.789			
Tara (N°)								
Peso suelo húmedo + tara (g)	444.2		357.8		305.9			
Peso suelo seco + tara (g)	385.0		310.0		265.0			
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	59.2		47.8		40.9			
Peso de suelo seco (g)	385.0		310.0		265.0			
Contenido de humedad (%)	15.4		15.4		15.4			
Densidad seca (g/cm³)	1.760		1.640		1.550			

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
Mayo - 2017	10:14	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
#VALORI	10:14	24	50	1.270	1.104	70	1.778	1.546	90	2.286	1.988
#VALORI	10:14	48	180	4.572	3.976	200	5.080	4.417	270	6.858	5.963
#VALORI	10:14	72	300	7.620	6.626	350	8.890	7.730	410	10.414	9.056

Expansion = 9.06 %

**PENETRACION**

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-04	MOLDE N°	M-03	MOLDE N°	M-02						
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION						
mm	pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		25	24.9			10	9.8			5	4.7		
1.270	0.050		46	45.6			21	21.3			14	13.4		
1.905	0.075		66	66.7			33	32.9			22	22.0		
2.540	0.100	70.46	87	87.6	-	6.4	41	44.4	-	3.3	31	30.7	-	2.3
3.810	0.150		116	116.9			60	60.5			43	42.6		
5.080	0.200	105.68	152	153.5	-	7.5	80	80.7	-	4.0	58	57.9	-	2.8
6.350	0.250		189	190.0			107	107.6			78	78.1		
7.620	0.300		225	226.6			134	134.5			98	98.3		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

**OBSERVACIONES** : Prensa de CBR  
 MARCA : LOADTRON  
 MODELO : LST-10K-LD CLASE III  
 SERIE : G880103  
 CAPACIDAD : 10 KLB  
 PANTALLA : INDICADOR

(Fuente de Normalizacion) César Aguiles Martínez Baxday  
 Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2005-AG  
 Manual de Ensayos de materiales E1-2016 R.O. N° 16-2016-MTC/11

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 GEOTÉCNICA E.I.R.L.  
 Marcos Chacaltana García  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(061) 579105  
 981623001  
 RPM 273668



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
CONSTRUCCIÓN Y REPARACION DE OBRAS CIVILES  
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
RUC N° 2833220136

INDECOPI: Certificado N° 00081702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo y Av. Aguaje) (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Lester Dionisio Maldonado Prog. 0+440

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-07

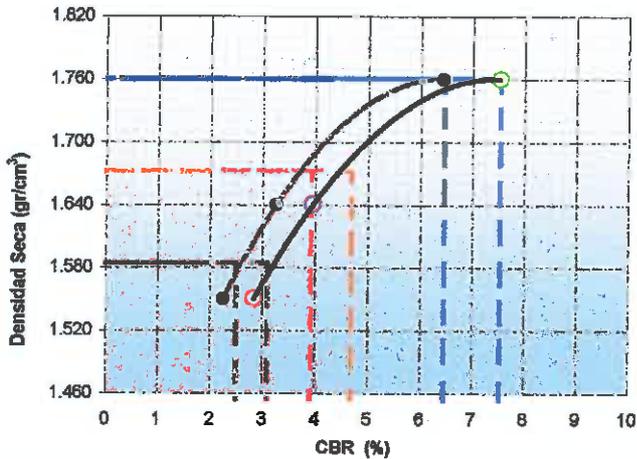
**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.30 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : CH

**CLASF. (AASHTO)** : A-7-6 (16)

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



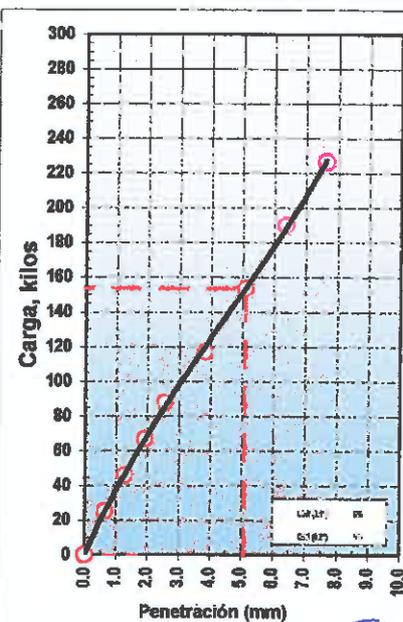
METODO DE COMPACTACION		A	
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.760	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	15.5	
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.672	
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.584	

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	6.5	0.2"	7.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	3.9	0.2"	4.7
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1"	2.5	0.2"	3.1

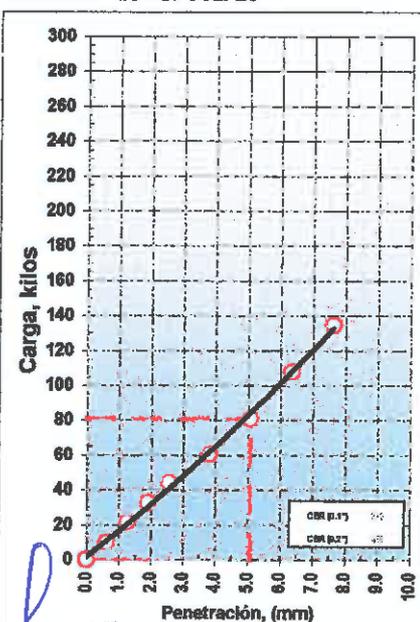
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	= 7.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	= 4.7 %
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.	= 3.1 %

**OBSERVACIONES:**

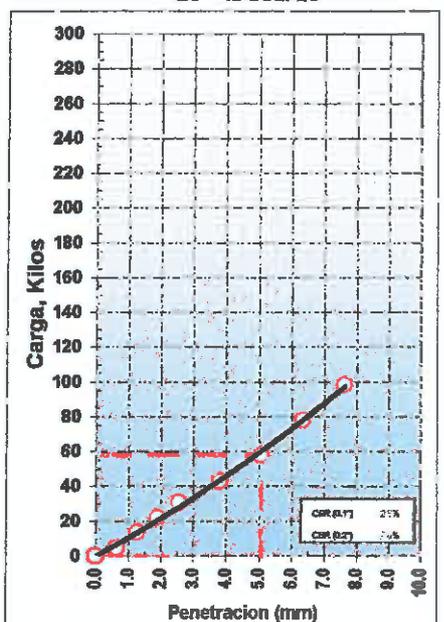
EC = 66 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



(Fuente de Normalización)  
Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC  
Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

Cesar Augusto Martínez Borsari  
Ingeniero Civil

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
www.geotecnica.pucallpa.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA E.I.R.L.  
051 975105  
961623001  
273888  
Marcos Chacaltana Góes  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - DISEÑOS Y OBRAS  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 24309220130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tomillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tomillo) y Jr. Tomillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Jr. Tomillo Prog. 0+090

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017

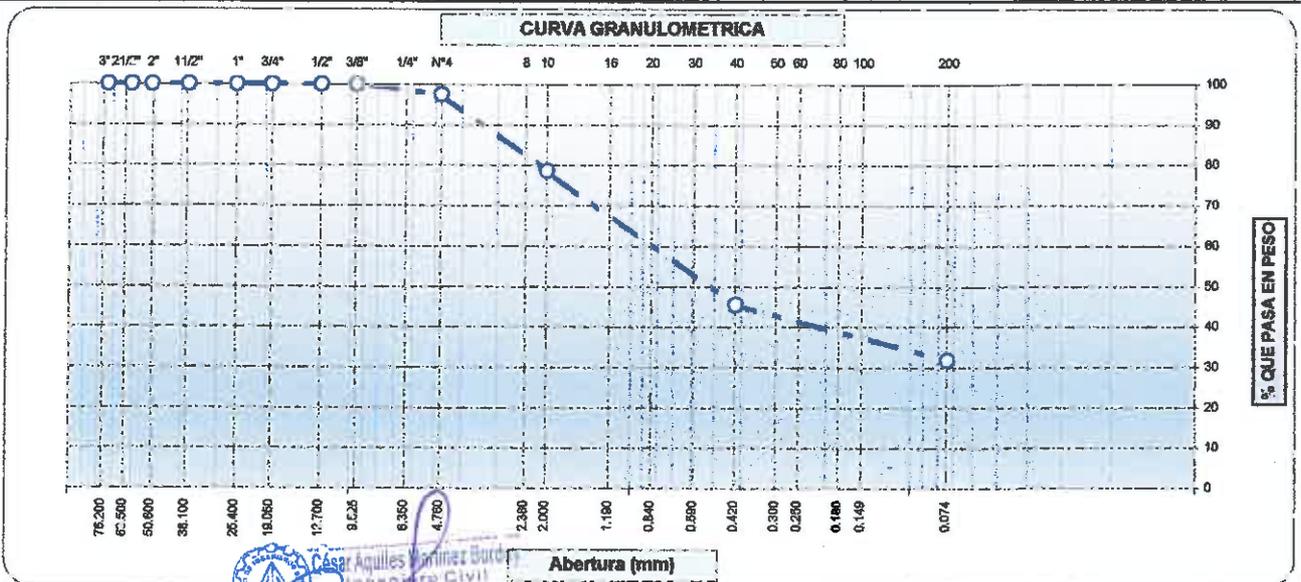
**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-010 **TAMAÑO MAXIMO** : 3"

**MUESTRA** : M-001 **Peso inicial seco** : 3245 gr.

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m. **Peso Arena Fracción** :

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificar	Descripcion
3"	73.000						<b>1. Características</b>
2 1/2"	60.300						Tamaño Máximo Nominal <b>2 1/2"</b>
2"	50.800						Grava <b>2.5 %</b>
1 1/2"	37.500						Arena <b>97.5 %</b>
1"	25.400						Finos <b>31.9 %</b>
3/4"	19.000						Humedad Natural <b>11.3 %</b>
1/2"	12.700						<b>2. Clasificación</b>
3/8"	9.520				100.0		Límite Líquido (%) <b>27.08 %</b>
1/4"	6.350						Límite Plástico (%) <b>17.71 %</b>
N° 4	4.750	81.1	2.5	2.5	97.5		Índice de Plasticidad (%) <b>9.38 %</b>
N° 8	2.380						Clasificación SUCS <b>SC</b>
N° 10	2.000	613.3	18.9	21.4	78.6		Clasificación AASHTO <b>A-2-4 (0)</b>
N° 16	1.190						<b>3. Detalle del Material</b>
N° 20	0.850						Material inorgánico, arena arcillosa de color amarillado, de baja plasticidad y expansión, con características de drenaje casi permeable, suelo semcompacto
N° 30	0.600						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
N° 40	0.420	1070.9	33.0	54.4	45.6		Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.074	444.6	13.7	68.1	31.9		
Pasante		1,035.2	31.9	100.0			



(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.E. 034-2008-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/H

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 (0811) 579105  
 981023001  
**Marcos Chacaltana García**  
 3888



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20393220130



INDECOP: Certificado N° 00081702

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40**  
 (NORMA MTC E 110, MTC E 111, ASTM D 1241 y NTP 339.129)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso fiesta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Jr. Tornillo Prog. 0+090 **JEFE LAB :** Marcos Chacaltana Garcia

**MATERIAL** : Existente **TECNICO :** Victor Ruiz V.

**SOLICITA** : Municipalidad Distrtal de Nueva Requena **FECHA :** #¡VALOR!

**LADO** : Derecho

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-10 **TAMAÑO MAXIMO :** N° 40

**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		8	10	12	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	52.99	57.33	55.34	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	50.16	54.66	52.68	
Peso de Tarro	gr.	40.38	44.81	42.45	
Peso de Agua	gr.	2.83	2.67	2.66	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.78	9.85	10.23	<b>LIMITE LIQUIDO</b>
Contenido de Humedad	%	28.89	27.09	26.00	27.09
Numero de Golpes		15	25	34	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

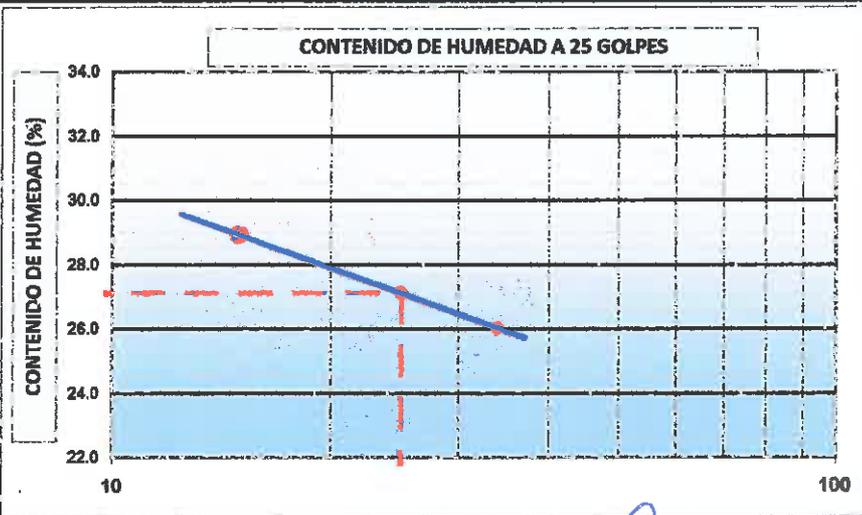
N° de Tarro		8	10	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	24.23	24.09	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	22.42	22.23	
Peso de Tarro	gr.	12.12	11.78	
Peso de Agua	gr.	1.81	1.86	
Peso de Suelo seco	gr.	10.30	10.45	<b>LIMITE PLASTICO</b>
Contenido de Humedad	%	17.61	17.80	17.71

**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

Limite Liquido	27.09 %
Limite Plastico	17.71 %
Indice de Plasticidad	9.38 %

**HUMEDAD NATURAL**

Peso de tara (gr)	-
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	515.3
Peso de tara + muestra seca (gr)	463.0
Peso del agua contenida (gr)	52.3
Peso de la muestra seca (gr)	463.0
Contenido de Humedad (%)	11.30 %



*Cesar Aquiles Martinez Bordo*  
 Ingeniero Civil

(Fuente de Normalizacion)

Manual de carteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC

Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/4

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA S.R.L.**  
 (051) 579105  
 961623001  
 Marcos Chacaltana Garcia  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I. E.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASPHALTO - OBRAS DE OBRAS CIVILES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EDIFICIOS  
 RUC N° 20305228130



INDECOPI: Certificado N° 00081732

**RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO Y STANDARD)**  
 (NORMA MTC E 115, MTC E 116 ASTM D 1557, D 698, AASHTO T 180 Y NTP 339.141)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Jr. Tornillo Prog. 0+090

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-010

**MUESTRA** : M-001

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**TAMAÑO MAXIMO** : SC

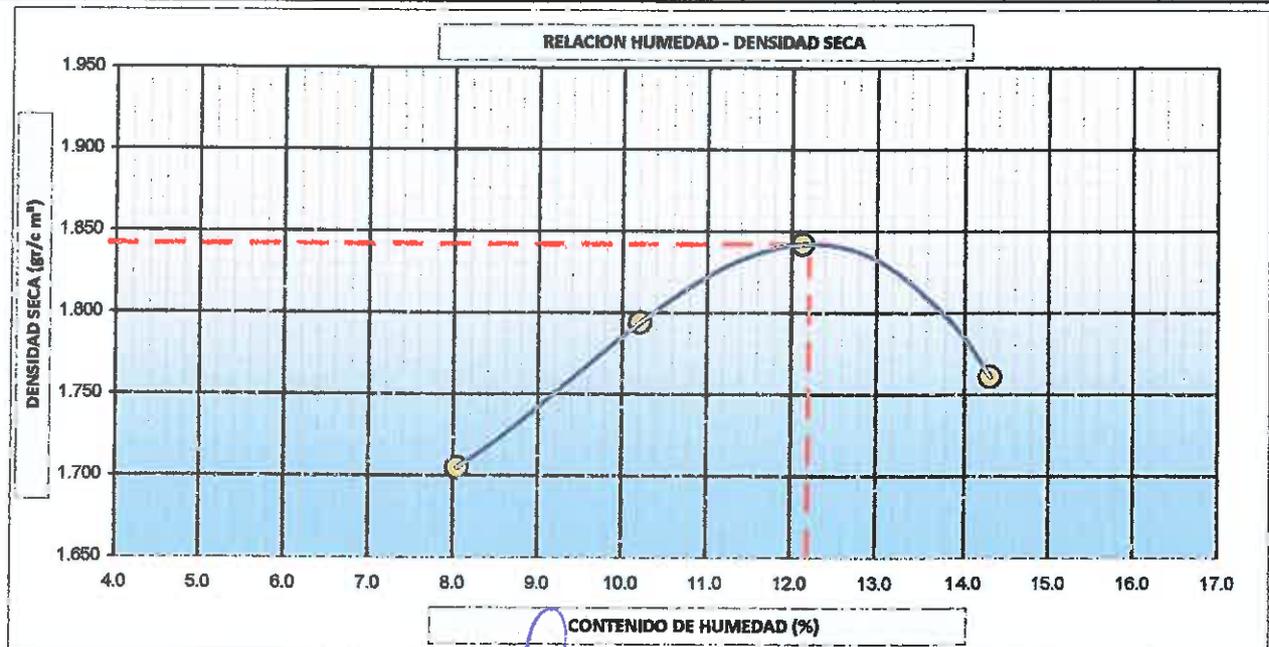
**Peso inicial seco** : A-2-4 (0)

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	921	Cm <sup>3</sup>	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	1645	gr.	N° de golpes	56Glp

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	3,342	3,466	3,547	3,499
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,697	1,821	1,902	1,854
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.842	1.977	2.065	2.013
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	516.4	564.3	511.3	529.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	478.0	512.0	456.0	463.0
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	38.4	52.3	55.3	66.2
Peso del suelo seco	gr.	478.0	512.0	456.0	463.0
Contenido de agua	%	8.0	10.2	12.1	14.3
Densidad Seca	gr/cc	1.705	1.794	1.842	1.761

**RESULTADOS**

Densidad Máxima Seca: 1.842 (gr/cm<sup>3</sup>)      Humedad óptima: 12.2 %



fuente de  
 Normalización)  
 Manual de  
 Parámetros

Cesar Aquiles Martínez Bordo  
 Ingeniero Civil  
 RUC: CIP N° 44370

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I. E.L.**  
 RUC: CIP N° 20305228130  
 Marcos Chacaltana G. 20305228130  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA \*273886

en Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 Tel: geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONTROL ARRALTO - ORIENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 2033220150



INDECOPI: Certificado N° 020E1702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Porcillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Jr. Tornillo Prog. 0+090

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrial de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** Marcos Chacaltana G.  
**TECNICO** : Victor Ruiz V.  
**FECHA** : :Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-10

**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : SC

**CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)

**CALCULO DEL CBR**

	4		1			
Molde N°	5		5			
Capas N°	66		26			
Golpes por capa N°	12		12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11957.2		11551.7		12428.8	
Peso de molde (g)	7627.0		7489.0		8550.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4330.2		4062.7		3878.8	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2096.0		2103.0		2118.0	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.066		1.932		1.831	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	992.6		655.2		619.4	
Peso suelo seco + tara (g)	885.0		584.0		552.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	107.6		71.2		67.4	
Peso de suelo seco (g)	885.0		584.0		552.0	
Contenido de humedad (%)	12.2		12.2		12.2	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.842		1.722		1.632	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
:Mayo - 2017	10:14	0									
#1VALOR!	10:14	24									
#1VALOR!	10:14	48									
#1VALOR!	10:14	72									

No Expansivo

**PENETRACION**

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-06		MOLDE N°	M-04		MOLDE N°	M-01				
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION				
mm	puíg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		65	65.3			22	21.9			12	11.8		
1.270	0.050		108	108.5			51	51.2			27	26.7		
1.905	0.075		151	151.8			60	60.4			41	41.5		
2.540	0.100	70.46	194	195.0	-	14.3	109	109.7	-	8.1	56	58.3	-	4.1
3.810	0.150		254	255.5			150	150.6			77	77.1		
5.080	0.200	105.68	329	331.2	-	16.2	200	201.8	-	9.9	102	103.1	-	5.0
6.350	0.250		404	406.9			258	270.1			137	137.7		
7.620	0.300		479	482.5			336	338.4			171	172.4		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

**OBSERVACIONES** : Prensa de CBR

MARCA : LOADTRON  
 MODELO : LST-10K-LD CLASE III  
 SERIE : G860103  
 CAPACIDAD : 10 KLB  
 PANTALLA : INDICADOR

(Fuente de Normalización) Cesar Aquiles Martínez Bortoy  
 Ingeniero Civil  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) U.S. 02-2-2008-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2013 R.D. N° 18-2016-MTC/4

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 Marcos Chacaltana García  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(061) 579105  
 981623001  
 RPM \*273888



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA S.A. S.**  
PAVIMENTOS - CONCRETO ASPHALTO - CIMENTACIONES  
CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CHILES  
ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
RUC Nº 20093229150



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Jr. Tornillo Prog. 0+090

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Derecho

**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.

**TECNICO** : Victor Ruiz V.

**FECHA** : Mayo - 2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-10

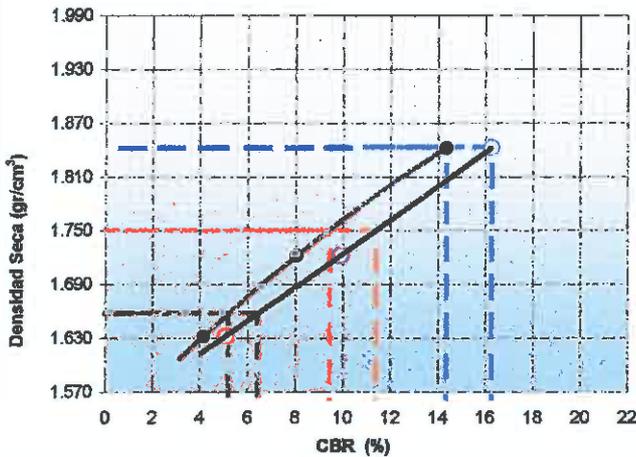
**MUESTRA** : M-01

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : SC

**CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



METODO DE COMPACTACION		A	
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	:	1.842	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	12.2	
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	:	1.750	
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	:	1.658	

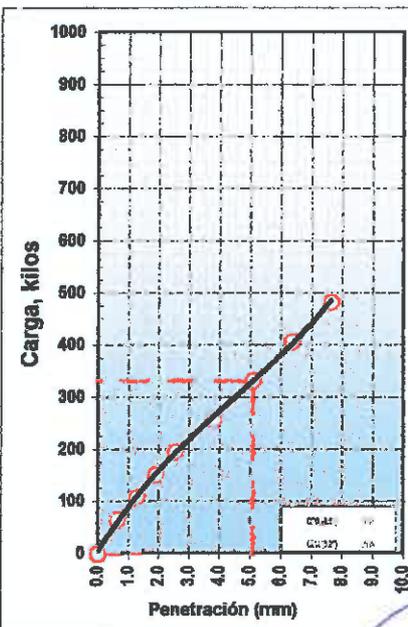
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	14.3	0.2"	16.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	9.4	0.2"	11.4
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1"	5.2	0.2"	6.5

**RESULTADOS:**

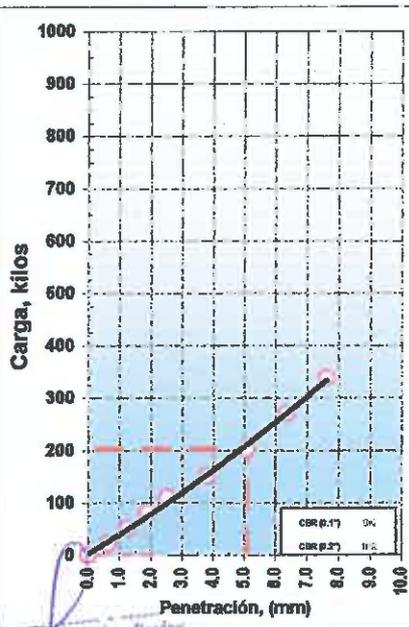
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	16.2	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	11.4	%
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.	=	6.5	%

**OBSERVACIONES:**

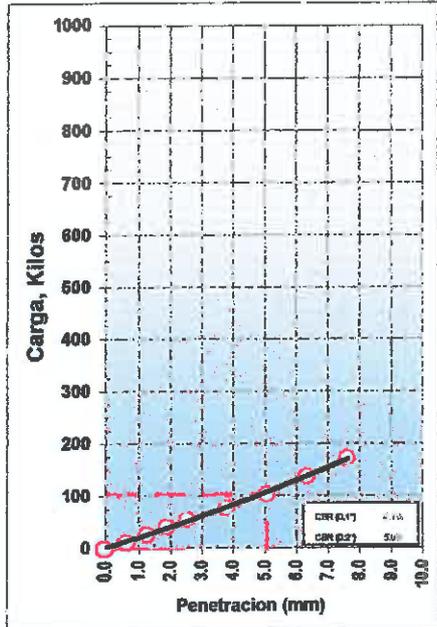
EC = 56 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



(Fuente de Normalización)

Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC

Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 15-2016-MTC/14

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
www.geotecnica.pucallpa.com

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
GEOTÉCNICA S.A. S.**  
(051) 579105  
99623001  
273888  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - GEOTECNICAS  
 CONSTRUCCION Y SUPERFICIES DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20093229130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

OBRA : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

UBICACIÓN : Av. Aguajales Prog. 0+090

JEFE LAB. : Mercos Chacabana G.

MATERIAL : Existente

TECNICO : Victor Ruiz V.

SOLICITA : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

FECHA : Mayo - 2017.

LADO : Izquierdo

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-012

TAMAÑO MAXIMO : 3"

MUESTRA : M-001

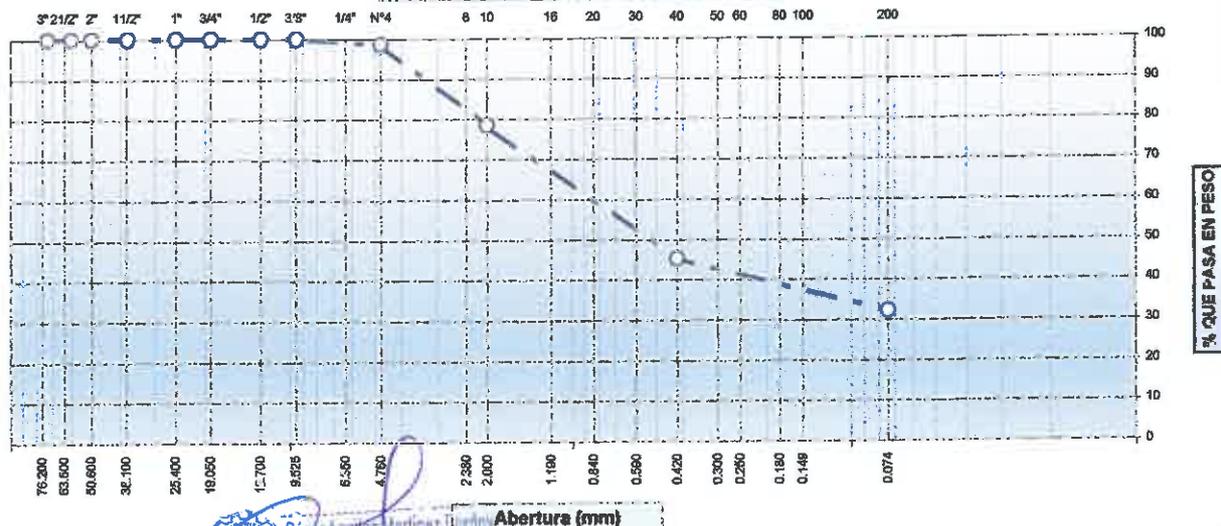
Peso inicial seco : 3125 gr.

PROF. (m) : 0.60 - 2.00 m.

Peso Arena Fracción :

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
3"	73.000						<b>1. Características</b>
2 1/2"	60.300						Tamaño Máximo Nominal <b>2 1/2"</b>
2"	50.800						Grava <b>1.5 %</b>
1 1/2"	37.500						Arena <b>98.5 %</b>
1"	25.400						Finos <b>32.2 %</b>
3/4"	19.000						Humedad Natural <b>12.3 %</b>
1/2"	12.700						
3/8"	9.520				100.0		<b>2. Clasificación</b>
1/4"	6.350						Límite Líquido (%) <b>26.19 %</b>
N° 4	4.750	46.9	1.5	1.5	98.5		Límite Plástico (%) <b>18.67 %</b>
N° 8	2.360						Índice de Plasticidad (%) <b>7.62 %</b>
N° 10	2.000	625.0	20.0	21.5	78.5		Clasificación SUCS <b>SC</b>
N° 16	1.190						Clasificación AASHTO <b>A-2-4 (0)</b>
N° 20	0.850						
N° 30	0.600						<b>3. Detalle del Material</b>
N° 40	0.420	1040.8	33.3	54.8	45.2		Material inorgánico, arena arcillosa de color anaranjado, de baja plasticidad y expansión, con características de drenaje casi permeable. Suelo semicomacto
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
N° 200	0.074	406.3	13.0	67.8	32.2		Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
Pasante		1,006.3	32.2	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**



(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.O. N° 18-2016-MTC/14

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E. I. R. L.**  
 RUC N° 20093229130  
 Marcos Chacabana G. G. 73888  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA ERL**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20393230139



INDECOP: Certificado N° 00081702

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40**  
 (NORMA MTC E 110, MTC E 111, ASTM D 1241 y NTP 339.129)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA**

Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tomillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tomillo) y Jr. Tomillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Aguajales Prog. 0+090  
**MATERIAL** : Existente  
**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena  
**LADO** : Izquierdo

**JEFE LAB** : Marcos Chacaltana Garcia  
**TECNICO** : Victor Ruiz V.  
**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

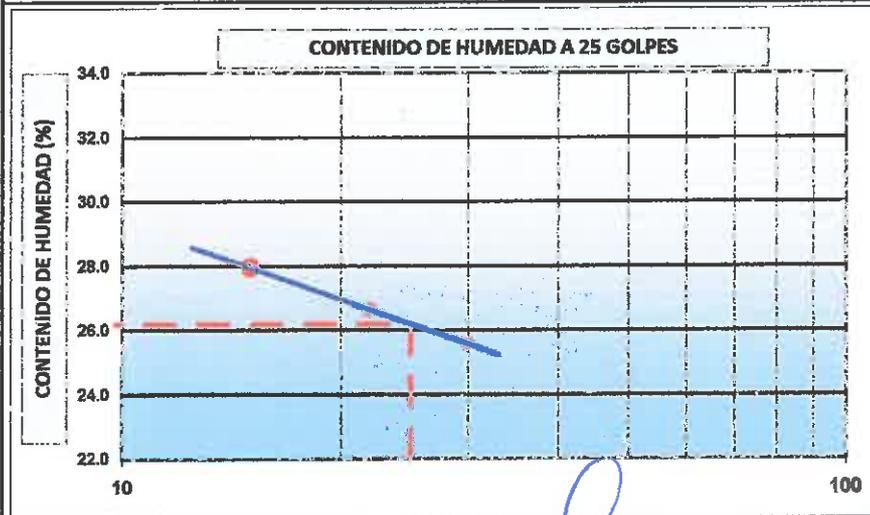
**CALICATA** : C-12 **TAMAÑO MAXIMO** : N° 40  
**MUESTRA** : M-01  
**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		6	8	4	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.44	52.09	56.45	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	51.08	49.63	54.62	
Peso de Tarro	gr.	42.63	40.38	47.47	
Peso de Agua	gr.	2.36	2.46	1.83	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.45	9.25	7.15	<b>LIMITE LIQUIDO</b>
Contenido de Humedad	%	27.93	26.63	25.57	<b>26.19</b>
Numero de Golpes		15	22	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		16	15	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	26.50	24.57	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	24.22	22.57	
Peso de Tarro	gr.	11.97	11.92	
Peso de Agua	gr.	2.28	2.00	
Peso de Suelo seco	gr.	12.25	10.65	<b>LIMITE PLASTICO</b>
Contenido de Humedad	%	18.57	18.77	<b>18.67</b>



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

Limite Liquido	<b>26.19 %</b>
Limite Plastico	<b>18.67 %</b>
Indice de Plasticidad	<b>7.52 %</b>

**HUMEDAD NATURAL**

Peso de tara (gr)	-
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	597.4
Peso de tara + muestra seca (gr)	532.2
Peso del agua contenida (gr)	65.2
Peso de la muestra seca (gr)	532.2
Contenido de Humedad (%)	<b>12.25 %</b>

César Aquiles Martínez Badoy  
 INDECOP N° 44576

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA ERL**  
 Marcos Chacaltana Garcia  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 RUC N° 20393230139

(Fuente de Normalización)  
 Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008  
 Manual de Ensayos de materiales EMI-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14  
 Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 28393228130



INDECOPI: Certificado N° 00081702

**RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO Y STANDARD)**  
 (NORMA MTC E 115, MTC E 116 ASTM D 1557, D 698, AASHTO T 180 Y NTP 339.141)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**UBICACIÓN** : Av. Aguajales Prog. 0+090

**MATERIAL** : Existente

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena

**LADO** : Izquierdo

**JEFE LAB. :** Marcos Chacaltana G.

**TECNICO :** Victor Ruiz V.

**FECHA :** Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-012

**MUESTRA** : M-001

**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**TAMAÑO MAXIMO :** SC

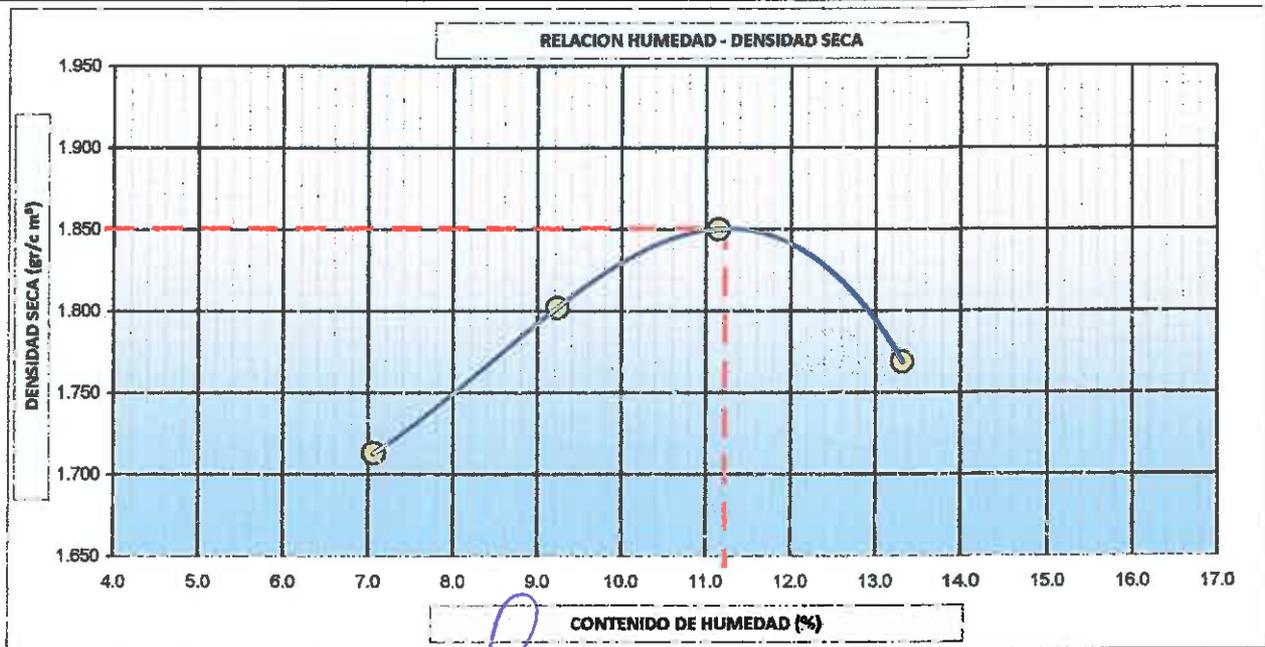
**Peso inicial seco :** A-2-4 (0)

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	921	Cm <sup>3</sup>	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	1645	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	3,334	3,458	3,539	3,491
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,689	1,813	1,894	1,846
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,834	1,968	2,056	2,005
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	484.2	571.5	502.6	467.1
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	452.3	523.3	452.2	412.2
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	31.9	48.3	50.4	54.9
Peso del suelo seco	gr.	452.3	523.3	452.2	412.2
Contenido de agua	%	7.1	9.2	11.2	13.3
Densidad Seca	gr/cc	1.713	1.802	1.850	1.769

**RESULTADOS**

Densidad Máxima Seca	1.850	(gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima	11.2	%
----------------------	-------	-----------------------	----------------	------	---



(se debe de Normalizar el Manual de Procedimientos)

Cesar Aquiles Martinez Bordo  
 Ingeniero Civil  
 RUC N° 44318

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E. I. R. L.**  
 Marcos Chacaltana García  
 ESPECIALISTA EN GEOTÉCNICA

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(051) 579105  
 961023001  
 RPM \*273888



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETO ASFALTO - CIMENTACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS  
 RUC N° 20993220130



INDECOP: Certificado N° 00081702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA** : mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Maldonado, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tornillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (del Jr. Aguaje hasta Jr. Tornillo) y Jr. Tornillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**MATERIAL** : Existente **TECNICO** : Victor Ruiz V.

**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena **FECHA** : Mayo - 2017.

**LADO** : Izquierdo

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALCATA** : C-12 **CLASF. (SUCS)** : SC  
**MUESTRA** : M-01 **CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)  
**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**CALCULO DEL CBR**

	4		3		2	
	5		6		6	
	56		26		12	
<b>Condicón de la muestra</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11814.4		12425.1		12347.5	
Peso de molde (g)	7489.0		8360.0		8460.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4325.4		4065.1		3887.5	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2103.0		2113.0		2131.0	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.057		1.924		1.824	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	951.7		507.1		578.4	
Peso suelo seco + tara (g)	856.0		456.0		520.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	95.7		51.1		58.4	
Peso de suelo seco (g)	856.0		456.0		520.0	
Contenido de humedad (%)	11.2		11.2		11.2	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.860		1.730		1.640	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
Mayo - 2017.	10:14	0									
# VALOR	10:14	24									
# VALOR	10:14	48									
# VALOR	10:14	72									

No Expansivo

**PENETRACION**

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02	
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pu/g	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (dirv)	kg	kg	%	Dial (dirv)	kg	kg	%	Dial (dirv)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		60	60.2			30	30.0			10	9.8		
1.270	0.050		101	102.0			59	59.5			26	26.0		
1.905	0.075		143	143.8			89	89.1			46	46.1		
2.540	0.100	70.48	184	185.6	-	13.6	118	118.6	-	8.7	64	64.3	-	4.7
3.810	0.150		242	244.1			159	160.0			69	69.7		
5.080	0.200	105.68	315	317.3	-	15.5	210	211.7	-	10.4	121	121.5	-	5.9
6.350	0.250		387	390.4			278	280.6			163	163.8		
7.620	0.300		460	463.6			347	349.6			205	206.2		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

**OBSERVACIONES** : Prensa de CBR **MARCA** : LOADTRON  
**MODELO** : LST-10K-LD CLASE III  
**SERIE** : G860103  
**CAPACIDAD** : 10 KLB  
**PANTALLA** : INDICADOR

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 Marcos Chacallana García  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

(Fuente de Normalización)  
 Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales de Pavimentos" S. 034-2006-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales E.M-2010 R.D. N° 18-2010-AG/INCOP  
 Ing. Víctor Martínez Borday  
 Ingeniero Civil  
 RUC: CIP N° 44376

Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica.pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

(081) 579108  
 961623001  
 RPM \*273866



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
**GEOTÉCNICA E.I.R.L.**  
 PAVIMENTOS - CONCRETOS ASFÁLTICOS - INVESTIGACIONES  
 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES  
 ALZOBIL Y VICTA DE SHAPPA  
 RUC N° 26897229133



INDECOP: Certificado N° 00081702

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

Mejoramiento de la Av. Lester Dionisio Miconaco, (de la Carretera de acceso hasta Jr. Tomillo) y Av. Aguaje (de la Av. Lester Dionisio hasta Jr. Loro Micuna) y Jr. Loro Micuna (de Jr. Aguaje hasta Jr. Tomillo) y Jr. Tomillo (del Jr. Loro Micuna hasta Av. Lester Dionisio), Distrito de Nueva Requena Coronel Portillo - Ucayali

**OBRA**

**UBICACIÓN** : Av. Aguajales Prog. 0+090  
**MATERIAL** : Existente  
**SOLICITA** : Municipalidad Distrital de Nueva Requena  
**LADO** : Izquierdo

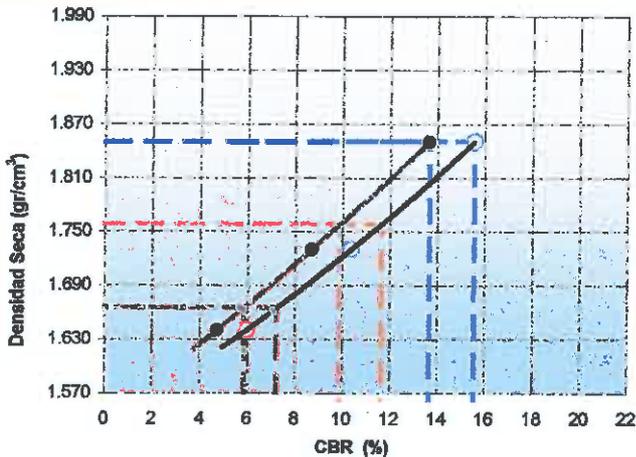
**JEFE LAB.** : Marcos Chacaltana G.  
**TECNICO** : Victor Ruiz V.  
**FECHA** : Mayo - 2017.

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-12  
**MUESTRA** : M-01  
**PROF. (m)** : 0.80 - 2.00 m.

**CLASF. (SUCS)** : SC  
**CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



METODO DE COMPACTACION		A	
MAXIMA DENSIDAD SECA ( $g/cm^3$ )	:	1.850	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	11.2	
95% MAXIMA DENSIDAD SECA ( $g/cm^3$ )	:	1.758	
90% MAXIMA DENSIDAD SECA ( $g/cm^3$ )	:	1.665	

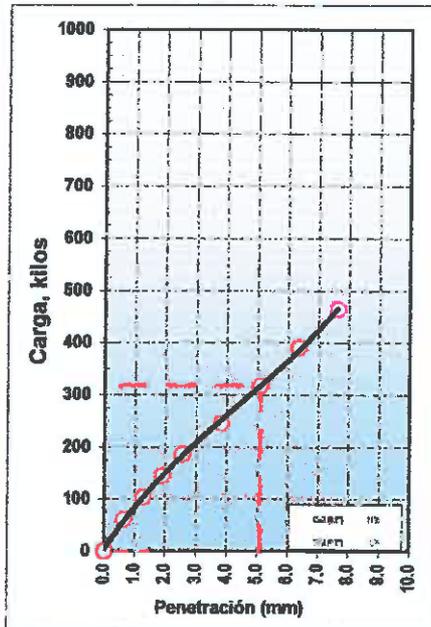
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	13.6	0.2"	15.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	9.9	0.2"	11.6
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1"	5.9	0.2"	7.2

**RESULTADOS:**

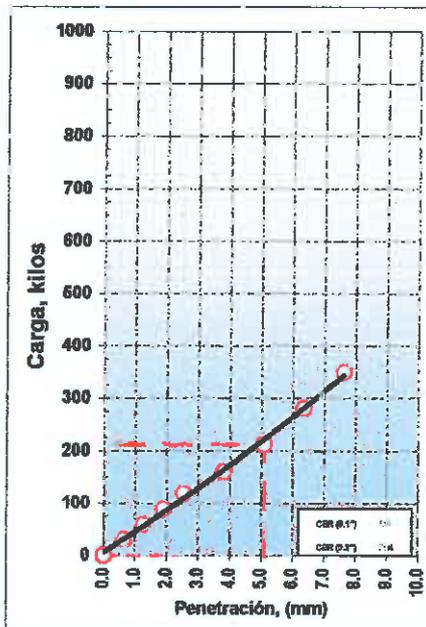
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	15.5	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	11.6	%
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.	=	7.2	%

**OBSERVACIONES:**

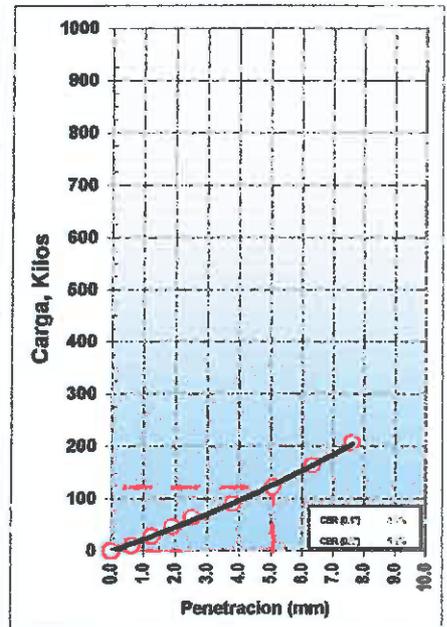
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



(Fuente de Normalización)

Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) D.S. 034-2008-MTC  
 Manual de Ensayos de materiales EM-2016 R.D. N° 18-2016-MTC/14

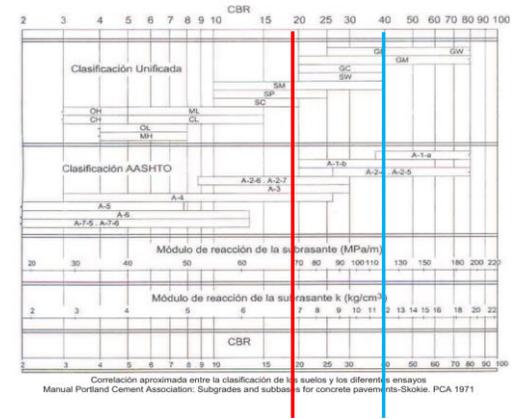
Jr. Ucayali N° 172 Pucallpa  
 geotecnica\_pucallpa@hotmail.com  
 www.geotecnica.pucallpa.com

César Aquiles Martínez Bordojo  
 Ingeniero Civil

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**GEOTECNICA E.I.R.L.**  
 Marcos Chacaltana G.  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA

**DATOS GENERALES**

Cargas de Tráfico ESAL (W18)	2152290.00	EE	->	Del estudio de tráfico
Resistencia del Concreto (F'c)	210.00	kg/cm2	->	2986.89 psi
Módulo Elástico del Concreto (Ec)	3115191.06	psi	->	21478.49 MPa
Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR)	37.46	kg/cm2	->	3.67 MPa
CBR del Suelo de Fundación (CBR%)	4.70	%	->	Del estudio de suelos
Módulo de Reacción de la Subrasante (KD)	37.84	Mpa/m	->	Sale de la tabla
Espesor de la SubBase Granular recomendada por la MTC (h)	60	cm	->	La MTC recomienda 15cm de subbase.
CBR Mínimo de Subbase (CBR%)	40	%	->	
Módulo de Reacción de la SubBase Granular (K1)	116.21	Mpa/m	->	Sale de la tabla
Coefficiente de Reacción Combinado (Kc)	94.72	Mpa	->	
Tipo de Tráfico	TP6		->	
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.3		->	
Serviciabilidad Final (Pf)	2.5		->	
Diferencial de Serviciosabilidad (ΔPSI)	1.8		->	
Desviación Estandar Combinado (So)	0.35		->	Recomendado por MTC
Nivel de Confabilidad	85	%	->	
Desviación Estandar Normal (Zr)	-1.036		->	
Condiciones de Drenaje (cd)	0.90		->	Recomendado por MTC
Coefficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)	2.80		->	Sale de la tabla



**Cuadro N° 14.10**  
**Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J**

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

**CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO REQUERIDO PARA UNA SUB BASE DE 60cm**

$$\log_{10} W82 = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{4.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Espesor del Pavimento (D) 199.80 mm -> 19.98 cm min

$\log_{10} W82 - Z_R S_o - 7.35 \log_{10}(D + 25.4) + 10.39 =$  -0.206

0.000 <- Aproximar a cero (Si el valor sale negativo, disminuir el espesor del Pavimento)

$$\frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{4.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right) =$$
 -0.205

ESPESOR FINAL DE PAVIMENTO 20 cm  
ESPESOR FINAL DE SUB - BASE 60 cm

DATOS GENERALES

Cargas de Tráfico ESAL (W18)	2152290.00	EE	->	Del estudio de tráfico
Resistencia del Concreto (F'c)	210.00	kg/cm2	->	2986.89 psi
Módulo Elástico del Concreto (Ec)	3115191.06	psi	->	21478.49 MPa
Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR)	37.46	kg/cm2	->	3.67 MPa
CBR del Suelo de Fundación (CBR%)	4.70	%	->	Del estudio de suelos
Módulo de Reacción de la Subrasante (K0)	37.84	Mpa/m	->	Fórmulas de la imagen
Espesor de la SubBase Granular recomendada por la MTC (h)	25	cm	->	Recomendado por MTC
CBR Mínimo de Subbase (CBR%)	40	%	->	
Módulo de Reacción de la SubBase Granular (K1)	116.21	Mpa/m	->	Fórmulas de la imagen
Coefficiente de Reacción Combinado con Refuerzo (Kcr)	104.97	Mpa/m	->	386.69 lb/plg3
Tipo de Tráfico	Typ6			
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.3			
Serviciabilidad Final (Pf)	2.5			
Diferencial de Serviciosibilidad (ΔPSI)	1.8			
Desviación Estandar Combinado (So)	0.35		->	Recomendado por MTC
Nivel de Confianza	85	%		
Desviación Estandar Normal (Zr)	-1.036			
Condiciones de Drenaje (cd)	0.90		->	Recomendado por MTC
Coefficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)	2.80		->	Sale de la tabla

Si CBR ≤ 10,  $K_1 = 2.55 + 52.5 \text{ LOG}(CBR)$   
 Si CBR > 10,  $K_1 = 46 + 9.08(\text{LOG}(CBR))^{4.34}$

Cuadro N° 14.10  
 Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J

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

CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO REQUERIDO PARA UNA SUB BASE DE 25cm

$$\log_{10} W82 = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_2) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k_{cr})^{0.25}} \right)} \right)$$

Espesor del Pavimento (D) 197.40 mm -> 19.74 cm min

$$\log_{10} W82 - Z_R S_o - 7.35 \log_{10}(D + 25.4) + 10.39 = \text{[ -0.172 ]}$$

0.000 <- Aproximar a cero (Si el valor sale negativo, disminuir el espesor del Pavimento)

$$\frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_2) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k_{cr})^{0.25}} \right)} \right) = \text{[ -0.172 ]}$$

ESPESOR FINAL DE PAVIMENTO 20 cm  
 ESPEOSR FINAL DE SUB - BASE 25 cm

DATOS GENERALES

Cargas de Tráfico ESAL (W18)	2152290.00	EE	->	Del estudio de tráfico
Resistencia del Concreto (F'c)	210.00	kg/cm2	->	2986.89 psi
Módulo Elástico del Concreto (Ec)	3115191.06	psi	->	21478.49 MPa
Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR)	37.46	kg/cm2	->	3.67 MPa
CBR del Suelo de Fundación (CBR%)	4.70	%	->	Del estudio de suelos
Módulo de Reacción de la Subrasante (K0)	37.84	Mpa/m	->	Fórmulas de la imagen
Espesor de la SubBase Granular recomendada por la MTC (h)	40	cm	->	Recomendado por MTC
CBR Mínimo de Subbase (CBR%)	40	%	->	
Módulo de Reacción de la SubBase Granular (K1)	116.21	Mpa/m	->	Fórmulas de la imagen
Coefficiente de Reacción Combinado con Refuerzo (Kcr)	249.92	Mpa/m	->	920.70 lb/plg3
Tipo de Tráfico	Typ6			
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.3			
Serviciabilidad Final (Pf)	2.5			
Diferencial de Serviciosibilidad (ΔPSI)	1.8			
Desviación Estandar Combinado (So)	0.35		->	Recomendado por MTC
Nivel de Confabilidad	85	%		
Desviación Estandar Normal (Zr)	-1.036			
Condiciones de Drenaje (cd)	0.90		->	Recomendado por MTC
Coefficiente de Transmisión de Cargas en las Juntas (J)	2.80		->	Sale de la tabla

Si CBR ≤ 10,  $K_1 = 2.55 + 52.5 \text{ LOG}(CBR)$   
 Si CBR > 10,  $K_1 = 46 + 9.08(\text{LOG}(CBR))^{4.34}$

Cuadro N° 14.10  
 Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J

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

CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO REQUERIDO PARA UNA SUB BASE DE 40cm

$$\log_{10} W82 = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k_{cr})^{0.25}} \right)} \right)$$

Espesor del Pavimento (D) 164.70 mm -> 16.47 cm min

$$\log_{10} W82 - Z_R S_o - 7.35 \log_{10}(D + 25.4) + 10.39 = 0.335$$

0.000 <- Aproximar a cero (Si el valor sale negativo, disminuir el espesor del Pavimento)

$$\frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k_{cr})^{0.25}} \right)} \right) = 0.335$$

ESPESOR FINAL DE PAVIMENTO 17 cm  
 ESPEOSR FINAL DE SUB - BASE 40 cm

- 1.- Cálculo del F'cr (resistencia promedio requerida)  
F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Se calcula el F'cr según la tabla.

$$F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- 2.- Cálculo del contenido del aire atrapado:  
TMN = 1/2 in

Se calcula el % de aire atrapado según la tabla.

$$\text{aire} = 2.5 \%$$

- 3.- Contenido de agua:  
TMN = 1/2 in  
Slump = 4 in

Se calcula el contenido del agua.

$$\text{agua} = 216 \text{ L/m}^3$$

- 4.- Relación agua - cemento (a/c) por resistencia F'cr:  
F'cr = 294 kg/cm<sup>2</sup>

Se calcula la relación a/c.

$$a/c = 0.5584$$

- 5.- Contenido de cemento:  
agua = 216 L/m<sup>3</sup>

Se calcula la cantidad de cemento.

$$\begin{aligned} \text{cemento} &= 386.819484 \text{ kg} \\ \text{Factor C.} &= 9.10163492 \text{ bls} \end{aligned}$$

- 6.- Peso de agregado grueso:  
Peso u.s.c. = 1650  
TMN = 1/2 in  
Mód. Fin. = 2.66

Se calcula el factor b / bo

$$b / bo = 0.57$$

Peso a.g. = 940.5 kg

7.- Volumen Absoluto:

Cemento =	386.819484 kg	->	0.12437926 m3
Agua =	216 L/m3	->	0.216 m3
Aire =	2.5 %	->	0.025 m3
Vol. a. gru. =	940.5 kg	->	0.34324818 m3

Volumen: 0.70862743

Vol. a. fin. = 0.29137257 m3

8.- Calcular el peso del agregado fino:

Peso a.f. = 777.96476 kg

9.- Presentación del diseño en estado seco:

Cemento	386.819484 kg
Agregado Fino	777.96476 kg
Agregado Grueso	940.5 kg
Agua	216 L

10.- Corrección por humedad de los agregados:

Agregado fino = 777.96476 kg

Agregado fino correg. = 786.288983 kg

Agregado grueso = 940.5 kg

Agregado grue. correg. = 943.6977 kg

11.- Aporte de agua a la mezcla:

Agregado fino =	-1.01135419 L
Agregado grueso =	-7.1478 L
Suma =	-8.15915419 L

12.- Calculamos el agua efectiva:

Agua = 216 L

Agua Efectiva = 224.159154 L

13.- PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO

Pesos de materiales por m3 de concreto

CEMENTO	386.819484 kg
A. FINO	786.288983 kg
A. GRUESO	943.6977 kg
AGUA	224.159154 Lt

Volumen de materiales por m3 de concreto

CEMENTO	0.12437926 m3
A. FINO	0.29449026 m3
A. GRUESO	0.34441522 m3
AGUA	0.22415915 m3

Cantidad de materiales por m3 de concreto

CEMENTO	9.10163492 bls
A. FINO	0.29449026 m3
A. GRUESO	0.34441522 m3
AGUA	224.159154 Lt

Cantidad de materiales por bolsa de cemento

CEMENTO	1 bls
A. FINO	0.03235575 m3
A. GRUESO	0.03784103 m3
AGUA	24.6284493 Lt