

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MATERIAL PARA AFIRMADO DE LA CANTERA EL GAVILÁN CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN 2%, 4% Y 6%”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

JAVE ARTEAGA, Jhimy Anthony

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme concedido su bendición para llegar hasta este punto, haberme dado su bendición y salud para alcanzar mis objetivos.

A mis Padres:

Por ser el sostén fundamental en todo lo que soy, en toda mi formación académica, como de la vida, por su absoluto apoyo durante todo este tiempo, gracias a ellos toda esta labor ha sido posible.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado en mi carrera, por ser mi fortaleza en los instantes de debilidad y por brindarme una vida llena de enseñanzas y aprendizajes, de amor y felicidad.

Le doy gracias a mis padres Jaime Jave y Evila Arteaga por brindarme su apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado, y dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, y sobre todo por ser un ejemplo de vida a seguir.

Agradecer también al Ing. Alejandro Cubas Becerra, por la contribución en la elaboración de la presente tesis ya que su asesoría fue el pilar fundamental en la conclusión de la presente investigación.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE FOTOS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Hipótesis.....	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
2.1. Tipo de investigación	21
2.2. Población y muestra.....	21
2.2.1. Población.....	21
2.2.2. Muestra.....	21
2.3. Técnicas y Materiales.	21
2.4. Procedimiento.....	24
2.5. Procedimientos de ensayos practicados	26
2.5.1. Ensayos de suelos	26
2.5.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, (MTC E 204-2000). 26	
2.5.1.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, (MTC E 110 – 2000). 28	
2.5.1.3. ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½"), (MTC E 207 – 2000)..... 29	
2.5.1.4. CBR DE SUELOS (LABORATORIO), (MTC- E 132-2000)..... 31	
2.5.1.5. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (56 000 PIE-LB/PIE3 [2 700 KN-M/M3]), (MTC E 115-2000)..... 34	
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
3.1 Análisis Granulométrico Tamizado por Lavado.....	36
3.2 Límites de Atterberg.....	36
3.3 Abrasión los Ángeles.....	37
3.3 Ensayo de Proctor Modificado.....	37

3.4	Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).....	37
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		39
4.1	Discusión.....	39
4.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMETRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	39
4.1.2.	Límites de Atterberg.....	39
4.1.2.	COMPACTACION DEL MATERIAL PARA AFIRMADO USANDO ENERGÍA MODIFCADA.	40
4.1.3.	CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO).	40
4.2	Limitaciones	41
4.3	Implicancias.....	41
4.4	Conclusiones.....	41
REFERENCIAS		43
ANEXOS		45
-	PANEL FOTOGRAFICO.....	45
-	PROTOCOLOS.....	50
1.	Fichas de Recolección de ensayo de Análisis Granulométrico mediante Tamizado por lavado.....	50
2.	Fichas de Recolección de ensayo de Límites de Plasticidad.....	51
3.	Fichas de Recolección de ensayo de Abrasión los Ángeles.....	52
4.	Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – muestra Patrón	53
5.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – muestra Patrón	54
6.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – muestra Patrón	55
7.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR– muestra Patrón	56
8.	Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +2% de Poliuretano	57
9.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +2% de Poliuretano.....	58
10.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – +2% de Poliuretano	59
11.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +2% de Poliuretano.....	60
12.	Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +4% de Poliuretano	61
13.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +% de Poliuretano.....	62
14.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – +4% de Poliuretano	63
15.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +4% de Poliuretano.....	64
16.	Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +6% de Poliuretano	65
17.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +6% de Poliuretano.....	66
18.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR /Penetración) – +6% de Poliuretano	67
19.	Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +6% de Poliuretano.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos de Material para Afirmando	17
Tabla 2. Especímenes a utilizar en la Investigación	21
Tabla 3. Carga abrasiva y granulometría para Abrasión de los Ángeles	29
Tabla 4. Peso y granulometría de la muestra para ensayo	30
Tabla 5. Lecturas del CBR	33
Tabla 6. Especificación Técnica	35
Tabla 7. Análisis Granulométrico	36
Tabla 8. Resultados Proctor Modificado	37
Tabla 9. Resultados CBR al 0.1"	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Curva Granulométrica	39
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Protocolo de Proctor Modificado y CBR	22
Figura 2. Ubicación de la cantera "EL GAVILÁN"	25

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1. En la Imagen se aprecia al tesista con el Asesor.	45
FOTO 2. En la Imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de límites de Atterberg.	45
FOTO 3. En la Imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de tamizado por lavado.....	45
FOTO 4. En la imagen se aprecia al tesista colocando las taras al horno para el secado del material	46
FOTO 5. En la imagen se aprecia el pesado del Poliuretano	46
FOTO 6. En la imagen se aprecia al tesista preparando el material de Afirmado para el ensayo de Proctor Modificado.....	47
FOTO 7. En la imagen se aprecia al tesista ensamblando los moldes de Proctor Modificado	47
FOTO 8. En la imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de Proctor Modificado	48
FOTO 9. En la imagen se aprecia el pesado del molde de Proctor Modificado con material para afirmado	48
FOTO 10. En la imagen se aprecia a los moldes de CBR drenando luego de estar sumergidos en agua	49
FOTO 11. En la imagen se aprecia al encargado de laboratorio preparando la prensa hidráulica para el ensayo de penetración	49

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físico-mecánicas de un material para afirmado de la cantera “El Gavilán” incorporando poliuretano en 2%, 4% y 6%. Para el proceso de la investigación la muestra extraída fue de la cantera “El Gavilán” ubicada a unos 30 km aproximadamente de la localidad de Cajamarca, seguidamente el material para afirmado fue estudiado y examinado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca. En la investigación se ejecutaron los siguientes ensayos de laboratorio: Granulometría, Abrasión los Ángeles, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR), estos estudios se aplicaron en la muestra patrón como también en la adición de Poliuretano en porcentajes (2%, 4% y 6%). En conclusión, se comprobó que las propiedades físico – mecánicas del material para afirmado con poliuretano mejoran considerablemente, afirmando la hipótesis establecida ya que el CBR de la muestra patrón incrementa hasta en un 90% al adicionar el 6 % de poliuretano. Detallando que existe mejora en las propiedades físico – mecánicas, en las medidas de compactación: La máxima densidad seca de la muestra patrón es de 2.11 gr/cm³, al adicionar poliuretano de 6% hubo una disminución a 2.086 gr/cm³, en el contenido óptimo de humedad, la muestra patrón es de 7.5% y adicionando poliuretano hasta el 6%, nos da un resultado de 4.7%; y para un CBR al 0.1” de penetración en la muestra patrón el CBR 7.82% y con la adición del 6% de poliuretano la resistencia aumentó hasta un 98.6%.

Palabras clave: Afirmado, Poliuretano, Máxima densidad Seca, Optimo Contenido de Humedad, CBR.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

“En el Perú se ha determinado que la existencia de arcillas expansivas, cuyos cambios de volumen, están provocando una serie de problemas en las carreteras, estos suelos se encuentran en el norte y nororiente del Perú (Piura, Chiclayo, Iquitos, Bagua) y el sur del Perú (Chincha, Pisco e Ica)” (PNUD, 2009) ...Para tratar estas arcillas expansivas se necesita de un material de afirmado para mejorar las redes viales, este material se ha conseguido de una cantera conocida de la ciudad de Cajamarca.

Rivera & Medina (2016) en su investigación “Influencia de la incorporación del cloruro de calcio en la resistencia mecánica del material para afirmado de la cantera “don lucho”– Cajamarca 2016”, nos indica que. “la red vecinal del Perú está constituida por las vías que conectan a las capitales distritales y centros poblados importantes con la capital de la provincia; solo se encuentra un 2.5 % con asfalto, el 97.5% con afirmado, sin afirmar o en condición de trocha; y en buen estado solo el 7.3%. El mal estado de mantenimientos que se realizan en la red vial vecinal se ve concluida por la incidencia de la topografía accidentada del territorio principalmente en la región de la sierra, que es afectada por factores climáticos, concluyendo en la investigación afirma que mejorar las características del material de afirmado sería una gran solución para tener en mejor estado las vías no pavimentadas”.

Bazán (2013) afirma que uno de los factores importantes en la construcción en trochas carrozables es la conformación de la capa de rodadura a nivel de afirmado, ya que, en dichas obras, el tipo de afirmado y sus características físicas, determina el tiempo de vida de dicha obra, ya que, en muchos lugares y obras de esta envergadura, se tiene que colocar un afirmado que tenga buenas características y propiedades físicas”. En Cajamarca hay muchas carreteras de afirmado de las cuales muchas se deterioran con facilidad ya sea por temas climáticos o por exceso de uso existen, por ello las entidades gobernantes invierten mucho dinero en su mantenimiento el cual no es benefactora porque los problemas de deterioro son excesivos.

Aguilera & Ramos (2014), considera que una evaluación, “contra una construcción nueva de pavimento tradicional (flexible, rígido o articulado). En la planificación del

proyecto, se determinó realizar un tramo experimental donde se demandará un alto flujo vehicular, para generar situaciones extremas que permitieran evaluar de manera clara y completa los productos a usar; en general se constituyeron alrededor de 250 metros donde inicialmente se estabilizó la sub-rasante de la vía lo que economizó costos con bajo impacto ambiental por no realizar movimiento de tierras mejorando características físico – químicas del suelo”.

Según, Badillo (2008), indica que, “Todas las obras en Ing. Civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados. El suelo se comporta como una estructura más, con características físicas propias: densidad, porosidad, talud natural, cohesión y ángulo de fricción interna, que le confieren ciertas propiedades resistentes ante diversas solicitaciones: compresión, cizalla, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asentamientos máximos y diferenciales”.

Montes (2010), afirma. “La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos que dotan a estos suelos (carreteras) un mejor comportamiento en servicio. El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la carretera afirmada” ...e indica que “El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre. El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Así mismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado. Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: Su uso como superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante”.

Un afirmado con escasos de finos como superficie de rodadura está expuesto a perderse porque es débil. En construcción de carreteras, se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras en la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas en general. La razón de ello es que en la capa inferior debe haber buena resistencia para las cargas de tránsito y, además, debe tener la cualidad de ser drenante.

Palomino (2016), afirma que, “Las diferencias en el suelo húmedo bajo de calzada y bajo las bermas facilitan los movimientos capilares y, al aumentar el contenido de humedad del suelo de la sub-rasante bajo la calzada, disminuyen su capacidad resistente”. Estos problemas son frecuentes en trochas carrozables, ya que son afectadas mucho por las lluvias que hacen un lavado de las capas del afirmado.

Gutiérrez (2010), Nos dice que, “todos los suelos pueden ser estabilizados, pero si la estabilización ha de lograrse por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos (por ejemplo, cemento, cal, cloruro de sodio) el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones”, la estabilización se puede dar a cualquier suelo, pero que hay un costo y necesariamente se analiza que estabilizante utilizar para lograr los objetivos.

Palomino (2016), afirma que. “Algunos suelos arcillosos no cumplen con los requerimientos necesarios para un proyecto de pavimentación, por su baja capacidad de soporte y mala calidad debido a su naturaleza. Para solucionar este problema se emplean alternativas de estabilización para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material evitando elevados costos de obra por los grandes espesores de pavimento a ser proyectados. La vida útil de los pavimentos, que descansan sobre suelos blandos es menor que el promedio de la mayoría, pues se producen hundimientos o asentamientos que deterioran rápidamente la vía. En Cajamarca existen muchas canteras de material granular de las cuales, algunas no cumplen con la calidad adecuada para que puedan emplearse en las diversas capas de la estructura del pavimento”.

Ravines (2010) Indica que, “Cuando se presenta un suelo que no reúne las características mecánicas necesarias para trabajar directamente con él, se tendrá tres posibilidades”

Usar el material como de bajo aporte.

Sustituir el material.

Mejorar sus propiedades (estabilizar).

Para reducir el cambio de volumen, el suelo granular y la arcilla que son susceptibles a las heladas y suelos limosos deben mejorarse o estabilizarse.

“El conocimiento de las principales propiedades de los suelos es de vital importancia, pues mediante su correcta interpretación se puede predecir el futuro del terreno bajo cargas” Crespo (2004)

En su investigación, Ravines (2010), indica que, “Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación... La estabilización se fundamenta en el mejoramiento de las propiedades del suelo, como son la estabilidad volumétrica, la resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad son las propiedades más relevantes al momento de realizar algún tipo de estabilización. Al elegir algún tipo de producto para mejorar las características del suelo los estudios se deben concentrar en verificar si mejora alguna de éstas propiedades”

Actualmente se usan los siguientes métodos:

- Estabilización mecánica (compactación).
- Estabilización por medios eléctricos.
- Estabilización por calor y calcinación.
- Estabilización química (cemento, cal, asfalto, polímeros, otros).

En su investigación Aguilera & Ramos (2014), afirma. “En la actualidad se están utilizando diversos productos químicos para la estabilización de suelos y es por ello que existen muchos productos en el mercado que han desarrollado proyectos para la “estabilización del suelo”, de cualquier modo, la tecnología reciente ha incrementado el número de aditivos no tradicionales utilizados para la estabilización de suelos.

Estos estabilizadores no tradicionales incluyen: productos basados en “polímeros”, co-polímeros, fibras, cloruro de calcio y cloruro de sodio”

López (2010), En su investigación, “Los Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas- México”, “Se basa en diferentes soluciones para reducir el cambio volumétrico de las arcillas; en esta investigación utiliza un poliuretano, que comúnmente se aplica para sellado de grietas en la construcción. Dicho polímero se aplicó en un 2, 4, 6, 8 y 10 % en la estabilización de cambios volumétricos de suelos expansivos. Se consideraron muestras remoldadas de suelo natural y suelo tratado con polímero; en ambas muestras se determinaron propiedades índices, compactación, resistencia al esfuerzo cortante, expansión y consolidación; pruebas que determinaron si es factible la utilización de dicho polímero”. En su investigación las pruebas que realiza entre la mezcla de suelo-polímero reducen la expansión aproximadamente en un 40% respecto al suelo natural.

Gopal (1983) realizaron “estudios comparativos usando resinas de urea-formaldehído (uF) y sus co-polímeros para estabilizar una arena – India”. Las muestras fueron preparadas con diversas relaciones del uF, niveles del pH, y catalizadores ácidos. Todas las muestras fueron curadas durante 6 horas a 60 ° C. Los resultados mostraron que bajando el pH de la mezcla usando ácido fosfórico se mejoraba el incremento relativo de la resistencia de las muestras. También concluyeron que la relación en peso óptima para la mezcla de urea y formaldehído era de 1:2,25. Asimismo, concluyeron que las cantidades óptimas para estas arenas eran de un 9% de resina y un 0.3 % del ácido catalizador.

Aguilera & Ramos (2014). “Realizaron estudios sobre el mejoramiento e impermeabilización de vías de locales con polímeros”; afirman que “La resistencia los diferentes compuestos de la estructura va mejorando conforme adicionan en porcentajes el aditivo, obteniendo así resultados de capacidad portante del suelo como también hidráulicas entre otras.” Ellos realizaron un estudio con el polímero como estabilizante del cual sustentan que los pilares de esta investigación local son las diferentes características de los agregados pétreos del pavimento y su ligante, y respecto a ello demanda un proceso constructivo con tecnología avanzada, Concluyendo que su investigación traerá beneficios para la población con la nueva técnica que se está aplicando para suelos estabilizados.

Chávez & Escalante (2015) estudiaron “la estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ - Lima”, y en su análisis comparativo pretendió demostrar que “la conveniencia económica y el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con el uso de emulsión asfáltica como estabilizador, la evaluación funcional indica que la vía estudiada tiene un nivel de diseño según la escala del PCI de 22 (muy pobre); estructuralmente el 50% del pavimento se encuentra en buen estado. Y como conclusión dice que la vía presenta fallas en la carpeta asfáltica debidas al tráfico y los materiales que la componen, nivel de ser viabilidad muy pobre y sub rasante de mediana a buena calidad”; como resultados en su investigación nos dice que, “La base granular existente tiene valores de CBR de 94%, 88.5% y 87% para las calicatas 1,2 y 3 Respectivamente, el requisito para el tipo de tráfico de la vía es un CBR del 100%, sin embargo al utilizar la emulsión asfáltica como estabilizador los valores obtenidos de CBR son de 106%, 105% y 101%, superando el requerido”, y da como conclusión a su investigación que... “para CBR 1” de una base granular estabilizada con emulsión asfáltica incrementa su valor en un 15% en promedio sobre la base granular existente sin estabilizar”.

Palomino, (2016) en su investigación “capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100- Cajamarca”, indica que. “Cuando Maxxseal es aplicado al suelo, las moléculas de co-polímeros se fusionan y forman lazos de unión entre el suelo y las partículas de este. El alto peso molecular y la larga cadena de polímeros forman una matriz resistente que es muy durable y resistente al agua. La investigación tiene como objetivo general determinar la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con incorporación de 2, 4 y 6% del estabilizador Maxxseal 100, consiguiendo como conclusión general de la investigación que el CBR al 0.1”: con la muestra patrón un CBR de 5.10%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.10%, incorporando 4% de cal un CBR de 9.6%, incorporando 6% de cal un CBR de 11%, y para un CBR al 0.2”: con la muestra patrón un CBR de 5.40%, incorporando 2% de cal un CBR de 7.20%, incorporando 4% de cal un CBR de 10.10%, incorporando 6% de cal un CBR de 11.70% ”.

Ravines (2010), dice que. “El pavimento es un sistema estructural a base de capas que le dan las propiedades y resistencias necesarias para cumplir con las solicitudes funcionales y estructurales. A nivel de capacidad funcional, debe tener una calidad aceptable en la banda de rodadura, suficiente fricción superficial, buena

geometría para garantizar la seguridad y cierta apariencia estética. A nivel estructural, debe resistir la tensión de todo el paquete estructural (base, sub base y sub rasante), teniendo en cuenta las cargas dadas para el tráfico y las condiciones ambientales”.

Según, MTC (2013). “El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas”.

Tabla 1.
Ensayos de Material para Afirmado

Material	Propiedades y Característica	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHT	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m ³	Cantera y pista
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m ³	Pista
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m ³	Cantera
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557		1 cada 750 m ³	Pista
	Densidad-Humedad	MTC E 117	D 1556	T191	1 cada	Pista
	Densidad-Humedad	MTC E 124	D 2922	T238	250 m ³	

Fuente: (MTC, 2013)

Según, Crespo (2004), dice que. “Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres humanos”.

Y según, Braja (1998). “Se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas”

López (2010), en su investigación indica que. “La palabra polímero proviene de dos palabras griegas”: "poli", que quiere decir muchos, y "meros", que se refiere a fracción. “La sustancia que forma la unidad fundamental de un polímero recibe el nombre de "monómero"”. Afirmando que, “Las moléculas compuestas de al menos dos unidades manométricas diferentes se les llaman co-polímeros”. Y “el número de unidades manométricas contenidos en el polímero recibe el nombre de grado de polimerización”. También menciona que, “la molécula de un polímero final puede constituirse de miles de unidades que se repiten y cada una se denomina "mero o unidad manométrica"”. Indicando que “todas las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, cuyo peso molecular es superior a 10.000 g/mol, reciben el nombre general de sustancias macromoleculares”. Y “los productos macromoleculares orgánicos en cuyas moléculas se repiten con regularidad ciertos principios estructurales genéricos reciben el nombre de altos polímeros” ... “Estos altos polímeros pueden ser, a su vez, naturales, artificiales o semi-sintéticos y sintéticos. Los altos polímeros artificiales son los obtenidos por transformación química de los altos polímeros naturales, sin que se destruya de modo apreciable su naturaleza macromolecular. Los altos polímeros sintéticos son los que se obtienen por vía puramente sintética a partir de sustancias de bajo peso molecular; por ejemplo, el nylon, poli-estireno, estireno, etc. Los altos polímeros sintéticos y semi -sintéticos reciben generalmente el nombre de plásticos; aun cuando no todos ellos presentan la característica de la plasticidad. A veces se les llama resinas sintéticas por su semejanza, en estructura y propiedades, a las resinas naturales”

Ravines (2010), indica que. “Los polímeros son macromoléculas (resultado de la unión de un gran número de moléculas pequeñas de un mismo tipo o de diferentes tipos), generalmente orgánicos llamados monómeros; pueden estar formadas por más de un tipo de monómero, éstas se denominan homo polímeros o estar formados por más de un tipo de monómeros denominándose co-polímeros. Las maneras de unión de las unidades estructurales de los polímeros tanto naturales como artificiales pueden ser en varias direcciones, así se pueden obtener polímeros lineales o en más de una dirección dando lugar a los polímeros reticulares tridimensionales”. ... Por lo

que, “distingue que los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. Los polímeros en general, tienen una muy buena resistencia mecánica, esto debido a sus grandes cadenas poliméricas que atraen; estas fuerzas de atracción intermolecular dependen de la composición química del polímero, las más comunes son las fuerzas de Van der Waals. Esto se traduce en una muy alta resistencia a la tracción, al impacto y a la fatiga. Generalmente los polímeros a utilizar en las distintas industrias son los polímeros sintéticos, que son aquellos creados por el hombre. El uso de éstos en las carreteras tiene como fin de aumentar la estabilidad de los agregados y reducir la dispersión de las arcillas. Los polímeros actúan como agentes catalíticos de intercambio iónico sobre la fracción activa de las arcillas reduciendo el potencial electrostático de las partículas, quitándoles la capacidad para absorber agua. Con el objetivo que al final el suelo tenga una mayor capacidad de carga y una estabilización permanente.”

El, MTC (2013), dice que “Con la estabilización mecánica de suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo”

En esta investigación realizada por, Gutiérrez (2010), se estudia una alternativa de estabilizar suelo afirma que “un suelo es estable cuando alcanza la resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad Las técnicas de estabilización no están muy estudiadas aún si bien en el mercado ya se encuentran muy pocos productos a base de polímeros. La estabilización con estos productos tiene el mismo fin que otras técnicas de estabilización: estabilizar e impermeabilizar el suelo para que sean aptos para su uso vial” ... Entonces, a estabilización la define como “mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos con la incorporación de aditivos químicos, naturales o sintéticos, adquiriendo un suelo firme y estable, capaz de resistir los efectos del tránsito y las situaciones climáticas más rigurosas”.

La incorporación de poliuretano en el material para afirmado nos permitirá saber si verdaderamente las propiedades físicos-mecánicas de un suelo mejoran, y así el estudio dará otra opción para mejorar la resistencia de los materiales para afirmado,

el conocimiento sobre la capacidad estabilizante del polímero, servirá como una opción a los futuros proyectos en nuestra región y al mismo tiempo este proyecto se usará de base para otras investigaciones relacionadas y así ampliar los conocimientos en estudios de suelos y en futuras obras de vías sin pavimento en la zona.

Aunque existen suelos estabilizados con polímeros, los estudios aun no son muy conocidos, por lo cual éste proyecto tratará de llenar vacíos que se tiene acerca del uso del poliuretano en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de un suelo.

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto mejoran las propiedades físicas (Máxima densidad seca, contenido óptimo de humedad) y propiedades mecánicas (CBR) de un material para afirmado al incorporar poliuretano en diferentes porcentajes?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar en cuanto mejoran las propiedades físico-mecánicas de un material para afirmado de la cantera el gavilán incorporando poliuretano en 2%, 4% y 6%.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del poliuretano en 2%, 4%, 6% sobre las propiedades mecánicas (CBR).
- Determinar la influencia del poliuretano en 2%, 4%, 6% sobre las propiedades físicas (Máxima densidad seca, contenido óptimo de humedad).
- Comparar las propiedades físico-mecánicas de un material para afirmado sin poliuretano y las propiedades físico-mecánicas de un material para afirmado con poliuretano.

1.4. Hipótesis

Las propiedades físico - mecánicas de un material para afirmado mejoran con la incorporación de 2%, 4%, 6% de poliuretano hasta en un 10%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Es una investigación aplicada, puesto que los ensayos y procesos se realizarán mediante normas y procedimientos de laboratorio.

Según su profundidad, es descriptiva porque analiza y compara los resultados del material para afirmado con la adición del poliuretano.

Y experimental, porque las variables se manipularán en su totalidad con la adición de poliuretano

2.2. Tratamiento y Unidades de Estudio.

2.2.1. Tratamiento de Estudio.

Especímenes de material para afirmado con adición en porcentajes de poliuretano.

2.2.2. Unidades de Estudio.

Conforme a la NTP 339.175, determina que se deben utilizar dieciséis muestras.

Tabla 2.
Especímenes a utilizar en la Investigación

MUESTRA	ESPECIMENES
MUESTRA PATRON	4
CON 2% DE POLIMERO	4
CON 4% DE POLIMERO	4
CON 6% DE POLIMERO	4
TOTAL	16

2.3. Técnicas y Materiales.

La investigación experimental se realizará con ensayos en el Laboratorio de la Universidad privada del Norte mediante observación directa usando como parámetros los protocolos aprobados por la universidad y los ensayos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se realizará ensayos en

material no estabilizado y material estabilizado con poliuretano para determinar cómo la adición en porcentajes de poliuretano afecta en las propiedades físico-mecánica del material para afirmado, lo cual será verificado por profesional técnico de laboratorio y aprobado por el asesor de la investigación, los protocolos se encontrarán en la sección anexos de esta investigación. A continuación, se muestra como ejemplo los protocolos de los ensayos de Proctor modificado y CBR.

Figura 1. Protocolo de Proctor Modificado y CBR

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1556 / NTP 339.141			CPM-LS-UFNC:	
PROYECTO:	"PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MATERIAL PARA AFIRMADO DE LA CANTERA EL GAVILÁN CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN 2%, 4% Y 6%"				
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado - Patrón	
UBICACIÓN:	El Gavilán	COLORES DE MATERIAL:	ROJIZO		
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jimmy Anthony		
FECHA DE ENSAYO:	04/11/2018	REVISADO POR:			

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO											
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4					
A	Peso Molde	gr	4175.00	4185.00	4175.00	4185.00					
B	Peso Muestra Humeda + Molde	gr	6225.00	6300.00	6377.00	6385.00					
C	Peso Muestra Humeda	gr	2050.00	2115.00	2202.00	2180.00					
D	Volumen Muestra humeda	cm ³	944.00	944.00	944.00	944.00					
F	Densidad humeda, Dh	gr/cm ³	2.17	2.24	2.33	2.31					
G	Recipiente		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	
H	Peso Recipiente	gr	37.00	37.20	28.10	27.20	67.60	67.70	69.30	85.80	
I	Peso Muestra humeda + Recipiente	gr	136.00	271.30	124.60	181.50	188.50	170.70	200.60	206.40	
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	136.00	262.70	119.40	175.40	179.60	163.70	190.00	196.20	
K	Peso del Agua	gr	3.60	8.60	5.20	6.10	8.90	7.00	10.60	10.20	
L	Peso Muestra seca	gr	95.60	225.50	91.30	148.20	112.00	96.00	120.70	110.40	
M	Contenido de Humedad W%	%	3.77	3.81	5.70	4.12	7.95	7.29	8.76	9.24	
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.79			4.91		7.62		9.01	
O	Densidad Seca Máxima, Ds	gr/cm ³	2.09		2.14		2.17		2.12		

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:						
COORDINADOR DE LABORATORIO	RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR				
NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Cubas Ca...	...		NOMBRE: Ing. Miguel Mosqueira Moreno		
FECHA: 05 / 11 / 2018	FECHA: 05 / 11 / 2018			FECHA: 05 / 11 / 2018		

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883			CBRLS-UPNC:	
TESIS:	"PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MATERIAL PARA AFIRMADO DE LA CANTERA EL GAVILÁN CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN 2%, 4% Y 6%"				
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado - Patrón	
UBICACIÓN:	El Gavilán	COLORES DE MATERIAL:	ROJIZO		
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jimmy Anthony		
FECHA DE ENSAYO:	06/11/2018	REVISADO POR:			

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						
DESCRIPCIÓN	UND	1	3	5	3	
Nº de Capas		1	3	5	3	
Nº de Golpes por capa		27	27	27	27	56
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes
Peso Molde	gr	7215	7215.00	7255.00	7255.00	7970.00
Peso Muestra humeda + Molde	gr	12490.6	12490.6	12575.00	12590.00	13402.00
Peso Muestra humeda	gr	5275.60	5335.00	5320.00	5335.00	5432.00
Volumen muestra humeda	cm ³	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad humeda, Dh	gr/cm ³	2.33	2.36	2.35	2.36	2.40

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B
Peso Recipiente	gr	37.4	37.4	37.4	67.60	85.70
Peso Muestra humeda + Recipiente	gr	84.2	97.1	110.6	185.10	191.10
Peso Muestra humeda	gr	46.8	59.7	73.2	117.50	123.40
Peso del Agua	gr	7.70	8.5	6.30	8.60	7.30
Peso Muestra Seca	gr	39.10	51.2	67.90	108.90	98.10
Contenido de humedad W%	%	18.12	16.40	9.29	7.67	7.42
Promedio Contenido de Humedad	%	12.96		7.81		7.17
Densidad seca máxima, Ds	gr/cm ³	2.09		2.14		2.12

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)								
TIEMPO ACUMULADO	Horas	Días	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3	
			Lectura Deforma	Hinchamiento	Lectura Deforma	Hinchamiento	Lectura Deforma	Hinchamiento
			mm	%	mm	%	mm	%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Jave Arteaga Jimmy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 06 / 11 / 2018	FECHA: 06 / 11 / 2018	FECHA: 06 / 11 / 2018

En la Parte “A” del protocolo del ensayo están los datos generales en donde se encuentra el título de la investigación, el lugar de la cantera, características del material, el responsable de la investigación y el responsable de la revisión de la investigación.

Seguidamente el parte “B” se encuentra los datos compactación del ensayo de Proctor modificado realizados en laboratorio y poder realizar los cálculos respectivos en gabinete.

En la parte “C” se puede ver la relación del contenido de humedad vs densidad máxima del ensayo elaborado en laboratorio, que servirá para encontrar el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca de los resultados de la parte “B”.

En la parte “F” del protocolo, se encuentra las observaciones que se va a tener en la realización del ensayo y la validación de la elaboración de la investigación por parte del investigador, técnico del laboratorio y asesor de la investigación.

En el protocolo de CBR la parte “G” se encuentran los ensayos de compactación del CBR en moldes con diferentes cantidades de golpes realizados en laboratorio, del cual los resultados a obtener se realizan en gabinete.

En la parte “H” se encuentra los resultados del contenido de humedad que serán obtenidos de las muestras tomadas de los ensayos realizados en la parte “G”.

En la parte “I” se encuentra los resultados de hinchamiento, estos datos serán obtenidos de la observación del deformímetro tomada cada cierto tiempo.

La investigación va a generar nuevos conocimientos para estabilizaciones de afirmado añadiéndole poliuretano espumante.

Se emplearán los siguientes recursos:

Humanos:

- Autor de la tesis.
- Asesor
- Profesional Técnico de Laboratorio

Materiales:

- Poliuretano
- Agua
- Material para afirmado de la cantera “El Gavilán”
- Balanzas con aproximación a 0.01g.
- Tinajas.
- Baldes
- Moldes

- Laptop
- Útiles de oficina

Servicios:

- Internet.
- Impresiones
- Empastado
- Transporte

2.4. Procedimiento

Los ensayos se ejecutarán según el procedimiento detallado en la norma técnica peruana NTP.339, la cual detalla los pasos a seguir para realizar estos ensayos para cada material. A continuación, se muestra una breve descripción de los pasos a seguir en la investigación.

- **Primero:** Se procederá a una cantera, en este caso el material para los ensayos realizados se adquirió de la cantera “El Gavilán” ubicada a 30 km aproximadamente de la localidad de Cajamarca, porque es una cantera conocida con respecto a otras canteras ubicadas en la zona de Cajamarca, es por esto que se decidió estudiar el material para afirmado de la cantera “El Gavilán”

Tabla 3

Acceso a la cantera “El Gavilán”

Localidad	Ruta	Distancia (km)	Tiempo
CAJAMARCA	Cajamarca- El Gavilán	30 km	20 min

Ubicación:

Figura 2.

Ubicación de la cantera "EL GAVILÁN"



Fuente: Google Earth

Este : 777640.33 m

Norte : 9199733.28 m

Altitud: 3171 m

- **Poliuretano:** En cuanto al poliuretano es un polímero que se va aplicar en porcentajes en proporción al peso de la muestra. El aditivo de poliuretano se obtuvo de un centro comercial cerca al laboratorio donde se van a efectuar los ensayos, en este caso el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Privada del Norte.
- **Segundo:** Las muestras seleccionadas se llevan al laboratorio para determinar sus propiedades mediante los ensayos establecidos en el Manual de Ensayos de Materiales.
- **Tercero:** Al describir sus propiedades se ejecutará los ensayos de Contenido de Humedad, Proctor modificado y CBR del material para afirmado sin el aditivo estabilizador (poliuretano).

- **Cuarto:** Se efectuará los ensayos Proctor Modificado y CBR a cada una de las muestras agregando en porcentajes de 2, 4 y 6% de poliuretano.
- **Quinto:** los Resultados conseguidos de cada ensayo se anotan en protocolos o apuntes y se procesamiento de datos con los programas computaciones de Excel y Word y luego la comparación de cada uno de ellos y plantear las respuestas a la hipótesis.

2.5. Procedimientos de ensayos practicados

2.5.1. Ensayos de suelos

2.5.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, (MTC E 204–2000).

Según la NTP 339.128,1999, Análisis Granulométrico, define lo siguiente:

- Determine cuantitativamente el tamaño de partícula del agregado grueso y del agregado fino del material a través de un tamiz de orificio cuadrado.
- La distribución del tamaño de partícula de la muestra de agregado seco se determina mediante la separación del tamiz dispuesto secuencialmente desde la abertura más grande a la más pequeña
- Determinar la distribución del tamaño de partícula de la muestra de agregado seco separando el tamiz dispuesto continuamente desde la abertura más grande a la más pequeña.
- Determina la cantidad de finos que pasan por un tamiz de 75 micrones (No. 200)", norma MTC E202.

a) PROCEDIMIENTO

- Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar luego colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, efectuar la operación de

tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado y Limítase la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado, el peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No. 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m² de superficie tamizada y para tamices de 4.75 mm (No. 4) y mayores, el peso en kg/m² por superficie de tamizado no excederá el producto de 2.5 x abertura del tamiz (mm) en ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz y la cantidad de 7 kg/m² equivale a 200 g para el diámetro usual de 203 mm (8") de los marcos de los tamices. La cantidad de material en un tamiz puede regularse por:

- Probando la muestra en un número de incrementos, continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómesese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilícense tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia

del tamizado, en el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede distribuirse entre dos o más grupos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula, con el tamiz más pequeño que va a ser usado. Rótense las partículas si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasarán a través de dicho tamiz; sin embargo, no deberán forzarse las partículas para que pasen a través de éste. Cuando sea necesario determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se ensayará primero la muestra de acuerdo con la norma citada. Se añade el porcentaje de material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) determinado por el mencionado método, al porcentaje tamizado sobre este mismo tamiz, determinado en el resto de la muestra, cuando se ensaye en seco mediante el presente método luego determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza y el peso total del material después del tamizado, debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

2.5.1.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, (MTC E 110 – 2000).

Según la NTP 339.129,1999, para determinar índices de plasticidad, define lo siguiente:

- En un suelo el límite líquido es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo seco en el horno, cuando éste se encuentra en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

2.5.1.3. ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½"), (MTC E 207 – 2000).

- Según la NTP 422.019,2002, para obtener el porcentaje de desgaste, define lo siguiente:
- Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") y en la máquina de Los Ángeles. Éste método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

Tabla 3.

Carga abrasiva y granulometría para Abrasión de los Ángeles

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	4,75	(N° 4)			2500 ± 10	
4,75	(N° 4)	2,36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: MTC, 2000

Tabla 4.
Peso y granulometría de la muestra para ensayo

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	25005

Fuente: MTC, 2000

- PROCEDIMIENTO

- Ejecución del ensayo. La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500. La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz # 12. La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12). El material más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C (221 a 230 °F), hasta peso constante, y se pesa con precisión de 1 g.
- Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida, en más del 0.2% del peso de la muestra original.

2.5.1.4. CBR DE SUELOS (LABORATORIO), (MTC- E 132-2000).

- Según la NTP 339.145,1999, Método de ensayo de CBR (California Bearing Ratio) de suelos compactados define lo siguiente:
- Normalmente se realiza sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede hacerse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.
- El índice se usa para valorar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.
- Usando un equipo modificado se comprueba la proporción de Peso Unitario – Humedad.
- **MATERIALES:**
- Similar a la presión utilizada en la prueba de compresión para forzar al pistón a penetrar en la muestra.
- Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026''$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018''$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de $50,8\text{ mm}$ ($2,0''$) de altura y una placa de base perforada de $9,53\text{ mm}$ ($3/8''$) de espesor.
- Disco espaciador, de metal, de forma circular, de $150,8\text{ mm}$ ($5\ 15/16''$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005''$) de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Compactar con el pisón como se describe en el modo de operación de prueba Proctor modificado (equipo modificado)
- Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001")
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas rasurados de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular
- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 ° C (230 ± 9 ° F).
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- **PROCEDIMIENTO:** consta de 3 fases:
 - Ensayo de compactación CBR (determinación de la densidad y húmeda del suelo)
 - Se prepara la muestra con el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de compactación Proctor Modificado.
 - Compactar la muestra con 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero

- con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- Luego se determina la densidad húmeda, el contenido de humedad y la densidad seca de las muestras en cada molde.
 - Luego invertir los moldes con las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base, colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de hinchamiento, la sobrecarga, el trípode y el dial de hinchamiento; pero no presenta hinchamiento.
 - Colocar los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.
 - Luego realizamos el ensayo carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración), después de los 4 días sacar los moldes del tanque de agua y de cada uno de ellos retirar el dial, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, dejarlos drenar durante 15 minutos.
 - Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica, proceder al ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulga/min, registrar las lecturas de carga de cada muestra en las siguientes lecturas de penetración.

Tabla 5.

Lecturas del CBR

Lecturas de penetración - CBR	
Pulgadas	Milímetros
0.000	0.000
0.025	0.640

0.050	1.270
0.075	1.910
0.100	2.540
0.125	3.180
0.150	3.810
0.175	4.450
0.200	5.080
0.250	6.350
0.300	7.620
0.350	8.890
0.400	10.160
0.450	11.430
0.500	12.700

Fuente: MTC, 2000

2.5.1.5. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (56 000 PIE-LB/PIE³ [2 700 KN-M/M³]), (MTC E 115-2000).

Según la NTP 339.141, 1999: en el ensayo de Proctor Modificado, se define lo siguiente:

- Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 o 56 golpes con un pisón de 10 lb f (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lb f/ pie³ (2 700 k N-m/m³). Se determina el

Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son procesados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Optimo Contenido de Humedad y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

Tabla 6.
Especificación Técnica

ID	DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
			A	B	C
1	MÉTODO				
2	CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8" ≥ 20%
3	Tipo de material utilizado		Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
4	N° DE CAPAS	n	5	5	5
5	N° DE GOLPES	N	25	25	56
6	DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16± 0.04	10.16± 0.04	15.24± 0.07
7	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64± 0.05	11.64± 0.05	11.64± 0.05
8	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	944± 0.15	944± 0.15	2124± 0.25
9	PESO DEL MARTILLO	kg	4.54± 0.01	4.54± 0.01	4.54± 0.01
10	ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72± 0.16	45.72± 0.16	45.72± 0.16
11	DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08± 0.025	5.08± 0.025	5.08± 0.025
12	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Fuente: (Guía de ensayo UPN, 2018).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Análisis Granulométrico Tamizado por Lavado.

Se muestra a continuación los porcentajes que pasan por cada tamiz obtenidos mediante el ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado el cual cumple con las gradaciones especificadas en el MTC, y se determinó que está dentro de una gradación Tipo A-1, siendo propicio para el fin que se requiere, afirmado.

Tabla 7.
Análisis Granulométrico

Tamiz	Abertura (mm)	% Que pasa
11/2"	38.10	93.759
1"	25.40	87.244
3/4"	19	84.189
1/2"	12.50	72.255
3/8"	9.50	60.101
N°4	4.75	32.401
N°10	2.00	20.205
N°20	0.85	15.708
N°30	0.59	14.717
N°40	0.430	13.978
N°60	0.25	12.293
N°100	0.15	8.262
N°200	0.08	6.331
Cazoleta	-	0.00

3.2 Límites de

Atterberg.

Los resultados adquiridos en este ensayo solo fueron del límite líquido, límite plástico no presenta.

Límite Líquido: 12.24 %

Límite plástico: NP; Por lo tanto, tampoco Índice de Plasticidad.

3.3 Abrasión los Ángeles.

Según el ensayo de abrasión los ángeles el material para afirmado de la Cantera “El Gavilán” tiene un 26.49% de desgaste el cual es menor al porcentaje máximo de desgaste establecido por la norma NTP 400.019 que es de 50%.

3.3 Ensayo de Proctor Modificado.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado, como son el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca.

Tabla 8.
Resultados Proctor Modificado

Descripción	Muestra Patrón	Muestra 2% de Poliuretano	Muestra 4% de Poliuretano	Muestra 6% de Poliuretano
Densidad máxima seca (gr/cm³)	2.11	2.172	2.10	2.086
Proctor Modificado				
Contenido Óptimo de Humedad (%)	7.5	6.9	5.2	4.7

Fuente: Propia

3.4 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).

Se muestra en la tabla los resultados obtenidos en el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) para 0.1”; y la muestra patrón no cumple con los requisitos de calidad mínimo establecido por el MTC que es de 40 %.

Tabla 9.
Resultados CBR al 0.1”

Descripción	Muestra Patrón	Muestra 2% de Poliuretano	Muestra 4% de Poliuretano	Muestra 6% de Poliuretano
-------------	----------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

CBR	CBR 0.1” %	7.82	17.25	72.9	98.6
------------	-------------------	------	-------	------	------

Fuente: Propia

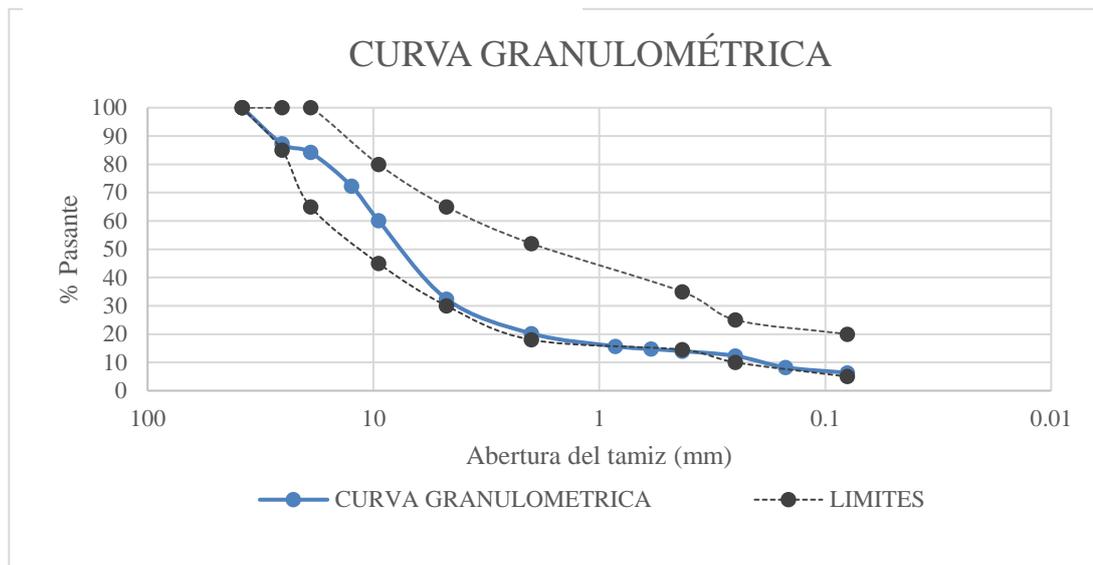
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión.

4.1.1. Análisis Granulométrico mediante tamizado por lavado.

La gradación es correcta con respecto a lo descrito en la EG-2013, con lo cual cumple con las exigencias de calidad.

Gráfica 1.
Curva Granulométrica



4.1.2. Límites de Atterberg.

El material para afirmado de la cantera “el Gavilán” no presenta índice de plasticidad porque el límite plástico no pudo determinarse.

Según el MTC (EG, 2013), indica que, “si luego de diversas pruebas a contenidos de humedad continuamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no se pudo comprobar y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico”.

4.1.2. COMPACTACION DEL MATERIAL PARA AFIRMADO USANDO ENERGÍA MODIFICADA.

Palomino (2016), en su tesis titulada “CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100”, determinó que, “al incorporar el estabilizador MAXXSEAL 100 El contenido óptimo de humedad presenta una disminución de 18.12 % sin aditivo a 15.04 % con la incorporación de 6% de este aditivo, por otro lado al incrementar el porcentaje del estabilizador MAXXSEAL 100 la densidad máxima seca presenta una ligera disminución de 1.75 gr/cm³ sin aditivo a 1.705 gr/cm³ con la incorporación de 6% del estabilizador MAXXSEAL 100”.

En esta investigación de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 8, para el ensayo de laboratorio: “**Proctor Modificado**” al adicionar poliuretano a la muestra patrón en los porcentajes 2%, 4%, 6%, hay una disminución en el contenido óptimo de humedad del 6.9%, 5.2%, 4.7% respectivamente de la muestra patrón que su contenido óptimo de humedad es de 7.5%.

Por otro lado, la máxima densidad seca en la muestra patrón es de 2.11 gr/cm³, al adicionar poliuretano al 2% presenta un incremento a 2.172 gr/cm³, mientras que con la incorporación del 4% y 6% se obtuvo 2.1 gr/cm³ y 2.086 gr/cm³ respectivamente, en el cual ha disminuido ligeramente.

4.1.3. CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO).

Conforme a los resultados conseguidos en la tabla 9, en el ensayo de laboratorio de “**CBR**” se aprecia que para la muestra patrón a 0.1”se obtuvo un 7.82% de CBR, adicionando el poliuretano en 2%,4%,6% se obtuvo 17.25%, 72.9%, 98.6% respectivamente; como se puede apreciar el valor de CBR a 0.1” incrementa a medida que se aumenta los porcentajes de poliuretano al material para afirmado.

Los resultados de CBR son semejantes a la informada por (Palomino, 2016), en su tesis titulada “CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100”, dando como resultados que, “al incrementar el porcentaje del estabilizador Maxxseal 100, se genera una relación directamente proporcional con el CBR; por ejemplo, a un CBR a 0.1” con la muestra patrón un CBR de 5.10%, incorporando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11%”.

4.2 Limitaciones

Los antecedentes de estabilizantes con aditivos a base de poliuretano son escasos por lo que limita la investigación experimental; así también, el elevado costo del poliuretano también restringe que la investigación sea más profunda.

4.3 Implicancias.

Para nuevas investigaciones se ha analizado que el costo del poliuretano estudiado por m² adicionado en material para afirmado es de S/. 1,175.00 (mil ciento setenta y cinco con 00/100 soles) y las muestras del material para afirmado pueden ser tomadas de diferentes canteras para examinar si el aditivo estabilizante realiza las mismas mejoras que en el material para afirmado de esta investigación.

4.4 Conclusiones

- Las propiedades físico-mecánicas del material para afirmado mejoran hasta en un 90 % al incorporar Poliuretano en 2%, 4% y 6% respecto a la muestra patrón.
- Se ha comprobado que el poliuretano influyó en el CBR del material para afirmado por cada porcentaje adicionado, obteniendo como resultado para una penetración de CBR al 0.1”: 17.25%, 72.9%, 98.6% respectivamente, siendo 7.82% el CBR 0.1” de la muestra patrón.

- La máxima densidad seca en la muestra patrón es de 2.11 gr/cm^3 , al adicionar poliuretano al 2% aumentó a 2.172 gr/cm^3 , mientras que con la incorporación del 4% y 6% se obtuvo una ligera disminución 2.1 gr/cm^3 y 2.086 gr/cm^3 respectivamente.
- En el contenido óptimo de humedad se determinó que para la muestra patrón es de 7.5% y adicionando poliuretano 2%, 4%, 6%, en los resultados se da una disminución de 6.9%, 5.2%, 4.7% respectivamente.
- Se ha evaluado que la hipótesis planteada de la investigación cumple satisfactoriamente, demostrando que adicionando poliuretano en los porcentajes 2%, 4%, 6%, las propiedades físico-mecánicas del material para afirmado mejoran hasta en más de un 10% con respecto a la muestra patrón.

REFERENCIAS

- Braja, B. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnia*. México: Thomson Learning.
- González Escobar, W., Jiménez Angulo, M. E., & López Cornejo, R. J. (2007). *Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en El Salvador* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Palomino G., Karen. (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100, 2016*. Cajamarca.
- López-Lara, T., Hernández-Zaragoza, J. B., Horta-Rangel, J., Coronado-Márquez, A., & Castaño-Meneses, V. M. (2010). *Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas*. *Re. Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168.
- Ravines Merino, M. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. (Tesis). Universidad de Piura, Perú.
- INDECI, (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Cajamarca, Cajamarca: Instituto Nacional de Defensa Civil*.
- PNUD, (2009). *Programa de las naciones unidas para el desarrollo*.
- Crespo, C (2004). *Mecánica de suelos y Cimentaciones*, México: Limusa Editores.
- MTC. (2004). *Estabilización química de suelos – Caracterización del estabilizado y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado*. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Gutiérrez, C. A. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bichiofita) frente al cloruro de calcio*. Lima: Universidad Ricardo Palma

- IECA. (2008). Instituto Español del cemento y sus aplicaciones, *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Asociación nacional de fabricantes de cales y derivados de España (ANCADE).
- Gopal R., Singh J., and Das G. (1983). “*Chemical Stabilisation of Sand Comparative Studies On Urea-Formaldehyde Resins As Dune Sand Stabiliser and Effect Of Compaction On Strength*”. In Transactions of Indian Society of Desert Technology and University Centre of Desert Studies, Vol. 8 No. 2, Indian Society of Desert Technology, Jodhpur, India, pp. 13-19.
- Rivera, M. &. (2016). *Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%,2%,3% y 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado*. Cajamarca.
- NTP 339.141 (1999). *Método de ensayo proctor modificado*
- NTP 339.145 (1999). *Método de ensayo CBR (relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorios*
- NTP 339.128 (1999). *Análisis granulométrico*
- NTP 339.129 (1999). *Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad*
- NTP 339.131 (1999). *Peso específico de material fino*
- RNE EC 020 (2006). *Suelos y taludes*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima.

ANEXOS

- PANEL FOTOGRAFICO.

FOTO 1. *En la Imagen se aprecia al tesista con el Asesor.*



FOTO 2. *En la Imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de límites de Atterberg.*



FOTO 3. *En la Imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de tamizado por lavado*



FOTO 4. *En la imagen se aprecia al tesista colocando las taras al horno para el secado del material*



FOTO 5. *En la imagen se aprecia el pesado del Poliuretano*



FOTO 6. *En la imagen se aprecia al tesista preparando el material de Afirmado para el ensayo de Proctor Modificado*



FOTO 7. *En la imagen se aprecia al tesista ensamblando los moldes de Proctor Modificado*



FOTO 8. En la imagen se aprecia al tesista realizando el ensayo de Proctor Modificado



FOTO 9. En la imagen se aprecia el pesado del molde de Proctor Modificado con material para afirmado



FOTO 10. En la imagen se aprecia a los moldes de CBR drenando luego de estar sumergidos en agua



FOTO 11. En la imagen se aprecia al encargado de laboratorio preparando la prensa hidráulica para el ensayo de penetración

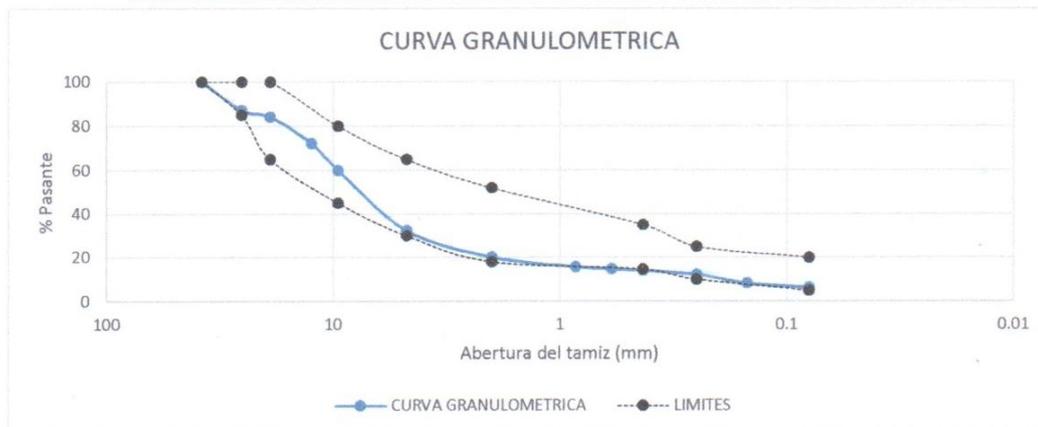


- PROTOCOLOS.

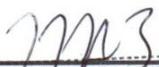
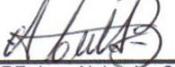
1. Fichas de Recolección de ensayo de Análisis Granulométrico mediante Tamizado por lavado.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES				
CALICATA:	-	ESTRATO	-	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACION:	EL Gavilan		COLOR DE MATERIAL:	Rojizo	
FECHA DE MUESTREO:	25/09/2018		RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony	
FECHA DE ENSAYO:	27/09/2018		REVISADO POR:		

Peso total (gr.)		10000			
peso seco fino	Inicial (gr.)	500			
	Final (gr.)	402.3			
Pasante de la N°200 (gr.)		97.7			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr.)	% Retenido parcial	%Retenido acumulado	% Que pasa
11/2"	38.10	624.10	6.241	6.241	93.759
1"	25.40	651.50	6.515	12.756	87.244
3/4"	19	305.50	3.055	15.811	84.189
1/2"	12.50	1193.40	11.934	27.745	72.255
3/8"	9.50	1215.40	12.154	39.899	60.101
N°4	4.75	2770.00	27.700	67.599	32.401
N°10	2.00	188.20	12.196	79.795	20.205
N°20	0.85	69.40	4.497	84.292	15.708
N°30	0.59	15.30	0.991	85.283	14.717
N°40	0.430	11.40	0.739	86.022	13.978
N°60	0.25	26.00	1.685	87.707	12.293
N°100	0.15	62.20	4.031	91.738	8.262
N°200	0.08	29.80	1.931	93.669	6.331
Cazoleta	-	97.70	6.331	100.000	0.00



OBSERVACIONES:

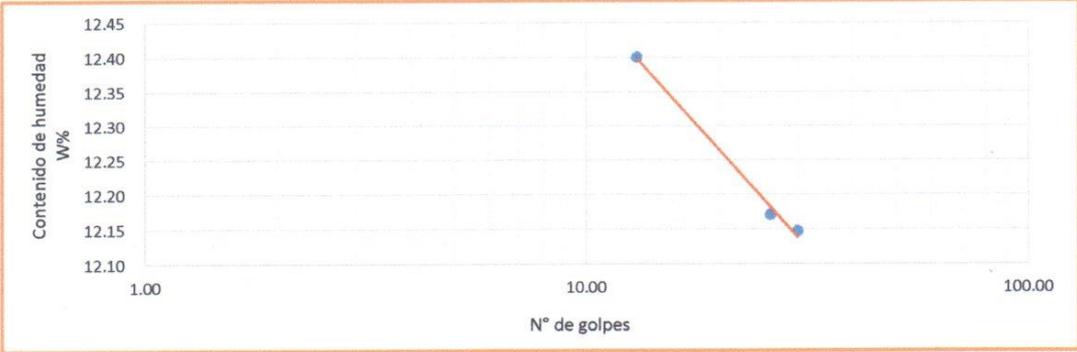
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Jhimy A. Jave Arteaga	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz BARBOZA	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 27 / 09 / 2018	FECHA: 27 / 09 / 2018	FECHA: 27 / 09 / 2018

2. Fichas de Recolección de ensayo de Límites de Plasticidad.

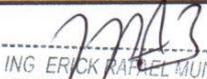
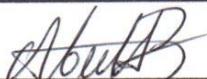
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111			LP-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES				
CALICATA:	C1	ESTRATO	-	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACIÓN:	El gavilán			COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	25/09/2018		RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony	
FECHA DE ENSAYO:	01/10/2018		REVISADO POR:		

DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	89.70	92.30	57.00
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	85.50	88.80	53.70
D	Peso Recipiente	gr	68.00	72.50	38.50
E	Peso del Agua	gr	4.20	3.50	3.30
F	Peso Suelo Seco	gr	17.50	16.30	15.20
G	Número de Golpes	N	13	30	26
H	Contenido de Humedad	%	12.40	12.15	12.17
IP=LL-LP		%	12.24		

DETERMINACIÓN LIMITE PLASTICO (LP) - No Presenta								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	
A	Identificación de Recipiente	N°	-	-	-	-	-	
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	-	-	-	-	-	
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	-	-	-	-	-	
D	Peso Recipiente	gr	-	-	-	-	-	
E	Peso del Agua	gr	0.00	-	0.00	0.00	-	
F	Peso Suelo Seco	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	-	
G	Contenido de Humedad	%	0.00	0.00	0.00	0.00	-	
H	Promedio Limite Plástico		0.00					



OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhimy A. Jave Arteaga	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza, Civil UPN-C	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 01 / 10 / 2018	FECHA: 01 / 10 / 2018	FECHA: 01 / 10 / 2018

3. Fichas de Recolección de ensayo de Abrasión los Ángeles.

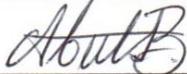
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGRAGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E207 - ASTM C 131 - NTP 400.019			ALA-LC-UPNC:
	TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES			
CALICATA:	C1	ESTRATO	-	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACIÓN:	El gavilán			COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	25/09/2018		RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony	
FECHA DE ENSAYO:	03/10/2018		REVISADO POR:		

GRANULOMETRÍA DE ENSAYO				
GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	12	11	8	6

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO					
Tamiz (pasa)	Tamiz (retiene)	"A" (gr.)	"B" (gr.)	"C" (gr.)	"D" (gr.)
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±25	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±25	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	N°4			2500±10	
N°4	N°8				5000±10
		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

DESGASTE A LA ABRASIÓN			
ID	DESCRIPCIÓN	UNI	1
A	Peso muestra total	gr.	5,000.00
B	Peso retenido en el tamiz N° 12	gr.	3,675.62
D	Desgaste a la abrasión de los Angeles $= (A - B) * 100 / A$	%	26.49

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Jhimy A. Jave Arteaga	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 03 / 10 / 2018	FECHA: 03 / 10 / 2018	FECHA: 03 / 10 / 2018

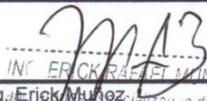
4. Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – muestra Patrón

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
TESIS:	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMANDO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: Afirmando - Patrón
UBICACION:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL: ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	04/11/2018	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4185.00		4185.00		4185.00		4185.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6159.00		6225.00		6301.00		6350.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1974.00		2040.00		2156.00		2145.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.09		2.16		2.28		2.27	
G	Recipiente	N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8
H	Peso Recipiente	gr	37.00	85.00	27.40	28.20	27.00	26.80	38.40	37.00
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	77.10	160.50	78.80	89.20	136.30	122.30	176.00	188.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	75.90	159.00	76.60	86.80	129.90	111.30	166.50	177.30
K	Peso del Agua	gr	1.20	1.50	2.20	2.40	6.40	11.00	9.50	11.10
L	Peso Muestra seca	gr	38.90	74.00	49.20	58.60	102.90	84.50	128.10	140.30
M	Contenido de Humedad W%	%	3.08	2.03	4.47	4.10	6.22	13.02	7.42	7.91
N	Promedio Contenido de humedad Optimo	%	2.56		4.28		9.62		7.66	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	2.04		2.07		2.08		2.11	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhimy Jave Arteaga	Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05 / 11 / 2018	FECHA: 05 / 11 / 2018	FECHA: 05 / 11 / 2018

5. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – muestra Patrón

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES							
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	Afirmado - Patrón				
UBICACION:	El Gavilán			COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO				
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018			RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony				
FECHA DE ENSAYO:	06/11/2018			REVISADO POR:					

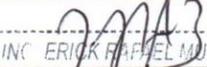
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
Nº de Capas		5		5		5	
Nº de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues
Peso Molde	gr	7215	7215.00	7255.00	7255.00	7970.00	7970.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12490.6	12550.00	12575.00	12590.00	13402.00	13405.00
Peso Muestra húmeda	gr	5275.60	5335.00	5320.00	5335.00	5432.00	5435.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.33	2.36	2.35	2.36	2.40	2.40

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	37.4	37.20	37.40	67.60	85.70	37.20	28.10	37.80	27.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	84.2	97.10	110.60	185.10	191.10	108.90	98.30	119.30	103.00
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	76.5	88.60	105.30	176.50	183.80	104.10	93.00	112.70	97.10
Peso del Agua	gr	7.70	8.50	5.30	8.60	7.30	4.80	5.30	6.60	5.90
Peso Muestra Seca	gr	39.10	51.40	67.90	108.90	98.10	66.90	64.90	74.90	69.90
Contenido de humedad ; W%	%	18.12		7.81	7.67		7.17	8.49		8.44
Promedio Contenido de Humedad	%	12.96				7.42			8.46	
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm3	2.06			2.19			2.21		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
Horas	Días	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%

NO PRESENTA

OBSERVACIONES:									

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA	
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza de Ing. Civil UPN-C	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 06 / 11 / 2018	FECHA: 06 / 11 / 2018	FECHA: 06 / 11 / 2018

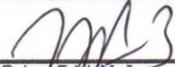
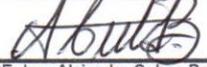
6. Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – muestra Patrón

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
	NORMA: MTC E132 / ASTM D188						CBR-LS-UPNC:			
	TESIS: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES									
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:				Afirmado - Patrón			
UBICACIÓN:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:				ROJIZO			
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018		RESPONSABLE:				Jave Arteaga Jhimy Anthony			
FECHA DE ENSAYO:	08/11/2018		REVISADO POR:							

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	10.83	1.68	23.89	16.12	2.50	35.54	19.50	3.02	42.99
1.270	0.050	17.07	2.65	37.64	25.65	3.98	56.56	37.44	5.81	82.55
1.905	0.075	23.05	3.57	50.83	32.76	5.08	72.23	56.85	8.82	125.35
2.540	0.100	31.20	4.84	68.79	42.98	6.87	94.78	71.32	11.06	157.26

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 08/11/2018	FECHA: 08/11/2018	FECHA: 08/11/2018

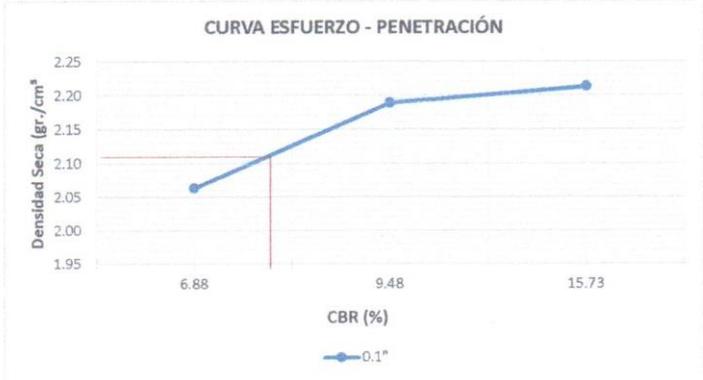
INC. ERICK RAFAEL MUÑOZ SAN BUZA
Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

7. Fichas de Recolección de ensayo de CBR– muestra Patrón

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: Afirmado - Patrón
UBICACION:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	08/11/2018	REVISADO POR:	

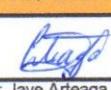
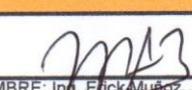
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	68.79	94.78	157.26
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	6.88	9.48	15.73
Ds (gr/cm ³)	2.06	2.19	2.21

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



RESULTADOS	
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.110
CBR 0.1" (%)	7.82

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barroza	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 08/11/2018	FECHA: 08/11/2018	FECHA: 08/11/2018

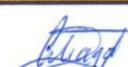
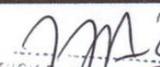
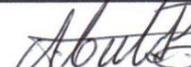
8. Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +2% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: Afirmado + 2% de POLIURETANO
UBICACIÓN:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	07/11/2018	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4185.00		4175.00		4185.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6225.00		6300.00		6377.00		6365.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2050.00		2115.00		2202.00		2180.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.17		2.24		2.33		2.31	
G	Recipiente	N°	T-1		T-2		T-3		T-4	
H	Peso Recipiente	gr	37.00	37.20	28.10	27.20	67.60	67.70	69.30	85.80
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	136.20	271.30	124.60	181.50	188.50	170.70	200.60	206.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	132.60	262.70	119.40	175.40	179.60	163.70	190.00	196.20
K	Peso del Agua	gr	3.60	8.60	5.20	6.10	8.90	7.00	10.60	10.20
L	Peso Muestra seca	gr	95.60	225.50	91.30	148.20	112.00	96.00	120.70	110.40
M	Contenido de Humedad W%	%	3.77	3.81	5.70	4.12	7.95	7.29	8.78	9.24
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.79		4.91		7.62		9.01	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.09		2.14		2.17		2.12	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhimy Jave Arteaga	Ing, Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 08 / 11 / 2018	FECHA: 08 / 11 / 2018	FECHA: 08 / 11 / 2018

9. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +2% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES							
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:		Afirmado + 2% de POLIURETANO			
UBICACIÓN:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:			ROJIZO			
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018		RESPONSABLE:			Jave Arteaga Jhimy Anthony			
FECHA DE ENSAYO:	10/11/2018		REVISADO POR:						

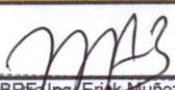
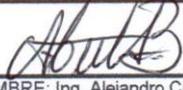
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues
Peso Molde	gr	7985	7985.00	7215.00	7215.00	7255.00	7255.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12910	13005.00	12470.00	12480.00	12510.00	12525.00
Peso Muestra húmeda	gr	4925.00	5020.00	5255.00	5265.00	5255.00	5270.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.18	2.22	2.32	2.33	2.32	2.33

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	72.5	72.40	37.40	37.30	37.20	37.10	72.40	72.50	37.80
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	227.3	232.70	189.90	138.80	145.20	205.00	212.80	193.60	200.90
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	218.6	223.50	186.00	129.70	135.80	192.60	206.70	188.20	192.20
Peso del Agua	gr	8.70	9.20	3.90	9.10	9.40	12.40	6.10	5.40	8.70
Peso Muestra Seca	gr	146.10	151.10	148.60	92.40	98.60	155.50	134.30	115.70	154.40
Contenido de humedad ; W%	%	6.02		2.62	9.69		7.97	4.60		5.63
Promedio Contenido de Humedad	%	4.32			8.83			5.12		
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm3	2.09			2.13			2.21		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
ACUMULADO	Horas	Lectura Deforma	Hinchamiento		Lectura Deforma	Hinchamiento	Lectura Deforma	Hinchamiento		
			mm	%				mm	%	

NO PRESENTA

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz BARBOZA	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 10/11/2018	FECHA: 10/11/2018	FECHA: 10/11/2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

10. Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – +2% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES								
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:			Afirmado + 2% de POLIURETANO				
UBICACIÓN:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:			ROJIZO				
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018		RESPONSABLE:			Jave Arteaga Jhimy Anthony				
FECHA DE ENSAYO:	12/11/2018		REVISADO POR:							

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
mm	Pulg.	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lb/pl2	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lb/pl2	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	12.57	1.95	27.71	25.65	3.98	56.56	42.38	6.57	93.44
1.270	0.050	21.58	3.35	47.58	39.52	6.13	87.13	54.77	8.49	120.76
1.905	0.075	29.64	4.60	65.35	53.04	8.22	116.94	65.51	10.16	144.46
2.540	0.100	42.98	6.67	94.78	73.75	11.44	162.61	83.63	12.97	184.39

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018

11. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +2% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	Cantera	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: Afirmado + 2% de POLIURETANO
UBICACION:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	12/11/2018	REVISADO POR:	

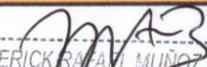
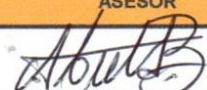
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	94.78	162.61	184.39
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	9.48	16.26	18.44
Ds (gr/cm ³)	2.09	2.13	2.21

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



RESULTADOS	
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.172
CBR 0.1" (%)	17.25

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018

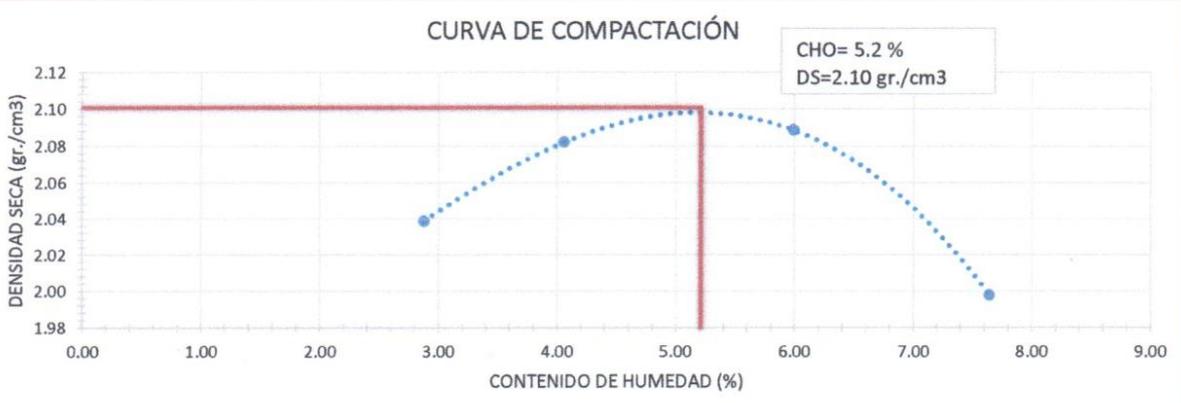
12. Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +4% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES							
CALICATA:	C-1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:		Afirmado + 4% de POLIURETANO			
UBICACIÓN:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:		ROJIZO				
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018		RESPONSABLE:		Jave Arteaga Jhimy Anthony				
FECHA DE ENSAYO:	17/11/2018		REVISADO POR:						

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4170.00		4170.00		4170.00		4170.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6150.00		6215.00		6260.00		6200.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1980.00		2045.00		2090.00		2030.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.10		2.17		2.21		2.15	
G	Recipiente	Nº	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8
H	Peso Recipiente	gr	27.00	26.80	37.50	37.10	37.10	37.40	38.50	37.30
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	190.50	163.30	156.10	139.10	228.80	204.10	254.30	224.20
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	185.90	159.50	151.50	135.10	218.40	194.30	238.90	211.00
K	Peso del Agua	gr	4.60	3.80	4.60	4.00	10.40	9.80	15.40	13.20
L	Peso Muestra seca	gr	158.90	132.70	114.00	98.00	181.30	156.90	200.40	173.70
M	Contenido de Humedad W%	%	2.89	2.86	4.04	4.08	5.74	6.25	7.68	7.60
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	2.88		4.06		5.99		7.64	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.04		2.08		2.09		2.00	

CURVA DE COMPACTACIÓN

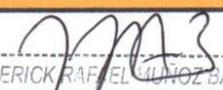
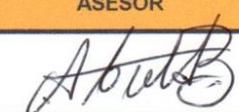
CHO= 5.2 %
DS=2.10 gr./cm3



DENSIDAD SECA (gr./cm3)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhimy Jave Arteaga	Ing. Erick Muñoz Barboza - s de Ing. Civil UPN-C	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 18 / 11 / 2018	FECHA: 18 / 11 / 2018	FECHA: 18 / 11 / 2018

13. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +% de Poliuretano

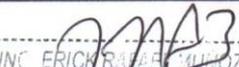
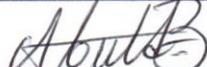
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES							
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:		Afirmado + 4% de POLIURETANO			
UBICACIÓN:		El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:		ROJIZO			
FECHA DE MUESTREO:		28/09/2018		RESPONSABLE:		Jave Arteaga Jhimy Anthony			
FECHA DE ENSAYO:		03/12/2018		REVISADO POR:					

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
Nº de Capas		5		5		5	
Nº de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues
Peso Molde	gr	7970	7970.00	8015.00	8015.00	7240.00	7240.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12490	12710.00	12610.00	12810.00	12150.00	12255.00
Peso Muestra húmeda	gr	4520.00	4740.00	4595.00	4795.00	4910.00	5015.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.00	2.09	2.03	2.12	2.17	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	37.4	72.30	72.60	72.40	37.00	72.40	72.60	37.30	71.32
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	237.6	316.50	451.40	272.90	171.60	446.30	243.60	200.90	480.90
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	230.9	309.10	438.10	267.70	168.00	433.20	238.80	196.60	468.10
Peso del Agua	gr	6.70	7.40	13.30	5.20	3.60	13.10	4.80	4.30	12.80
Peso Muestra Seca	gr	193.50	236.80	365.50	195.30	131.00	360.80	166.20	159.30	396.78
Contenido de humedad ; W%	%	3.29		3.64	2.71		3.63	2.79		3.23
Promedio Contenido de Humedad	%	3.47			3.17			3.01		
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm3	1.93			1.968			2.106		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
Horas	Días	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	%
		NO PRESENTA								

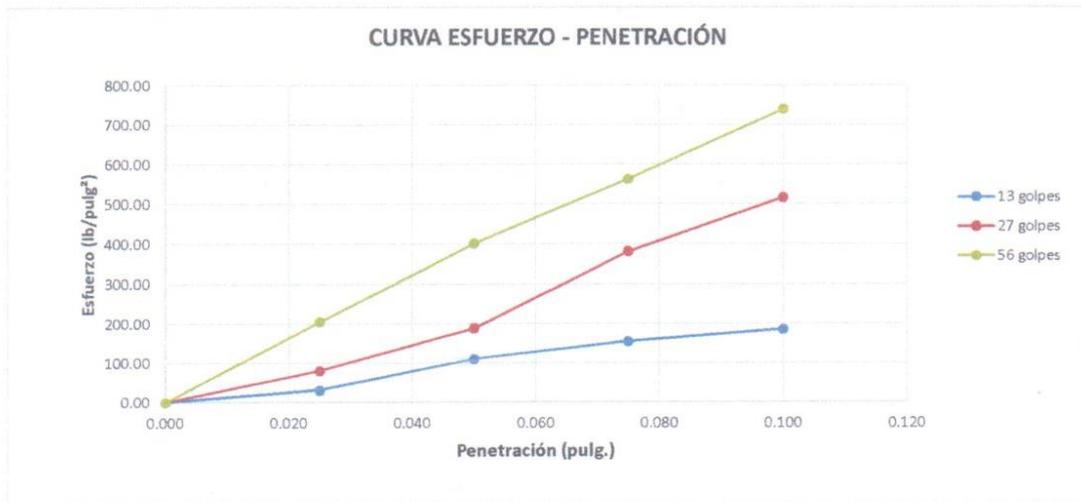
OBSERVACIONES:									

RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
								
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony			NOMBRE: Ing. Erick Muñoz			NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra		
FECHA: 03/ 11/2/ 2018			FECHA: 03/ 11/2/ 2018			FECHA: 03/ 11/2/ 2018		

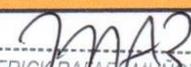
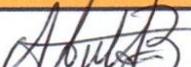
14. Fichas de Recolección de ensayo de CBR (Penetración) – +4% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado + 4% de POLIURETANO
UBICACION:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2018	REVISADO POR:	

PENETRACIÓN		CARGA - PENETRACION											
		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3					
		Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	14.39	2.23	31.72	36.57	5.67	80.64	93.24	14.46	205.61			
1.270	0.050	50.35	7.81	111.02	85.97	13.33	189.55	182.42	28.29	402.23			
1.905	0.075	70.37	10.91	155.16	173.23	26.86	381.97	255.21	39.57	562.74			
2.540	0.100	84.32	13.07	185.92	233.98	36.28	515.92	335.80	52.07	740.45			



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barroza	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018

15. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +4% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATÁ:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado + 4% de POLIURETANO
UBICACIÓN:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2018	REVISADO POR:	

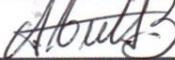
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	185.92	515.92	740.45
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	18.59	51.59	74.04
Ds (gr/cm ³)	1.93	1.968	2.106

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



RESULTADOS	
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.10
CBR 0.1" (%)	72.90

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz BARBOZA	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018

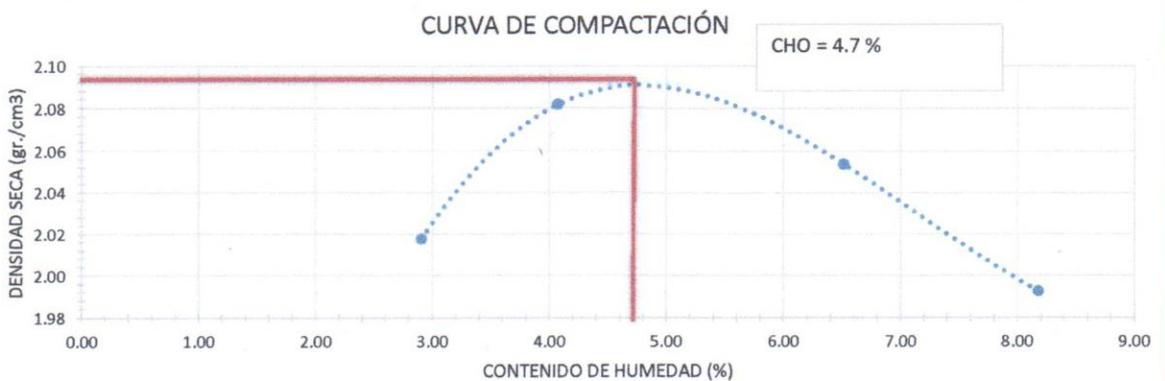
16. Fichas de Recolección de ensayo de Proctor Modificado – +6% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES							
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:			Afirmado + 6% de POLIURETANO			
UBICACIÓN:	El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:			ROJIZO			
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018		RESPONSABLE:			Jave Arteaga Jhimy Anthony			
FECHA DE ENSAYO:	18/11/2018		REVISADO POR:						

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4170.00		4170.00		4170.00		4170.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6130.00		6215.00		6235.00		6205.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1960.00		2045.00		2065.00		2035.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.08		2.17		2.19		2.16	
G	Recipiente	Nº	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8
H	Peso Recipiente	gr	72.60	72.40	72.40	72.50	80.80	80.10	72.50	80.10
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	233.20	235.30	323.40	307.20	256.30	251.70	259.30	254.50
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	227.40	232.00	315.00	296.70	246.50	240.30	245.30	241.20
K	Peso del Agua	gr	5.80	3.30	8.40	10.50	9.80	11.40	14.00	13.30
L	Peso Muestra seca	gr	154.80	159.60	242.60	224.20	165.70	160.20	172.80	161.10
M	Contenido de Humedad W%	%	3.75	2.07	3.46	4.68	5.91	7.12	8.10	8.26
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	2.91		4.07		6.52		8.18	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.02		2.08		2.05		1.99	

CURVA DE COMPACTACIÓN

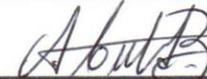
CHO = 4.7 %



DENSIDAD SECA (gr./cm3)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhimy Jave Arteaga	Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 19 / 11 / 2018	FECHA: 19 / 11 / 2018	FECHA: 19 / 11 / 2018

17. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +6% de Poliuretano

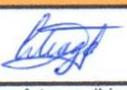
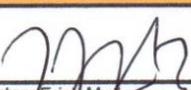
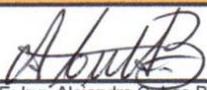
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	Afirmado + 6% de POLIURETANO
UBICACION:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	03/12/2018	REVISADO POR:	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		5	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues
Peso Molde	gr	7250.00	7250.00	7210.00	7210.00	7265.00	7265.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11470.00	11715.00	11660.00	11830.00	12025.00	12145.00
Peso Muestra húmeda	gr	4220.00	4465.00	4450.00	4620.00	4760.00	4880.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	1.86	1.97	1.97	2.04	2.10	2.16

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	80.3	79.70	37.40	27.00	26.80	37.30	38.50	37.30	72.40
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	296.6	298.80	227.00	128.10	125.90	240.60	136.30	152.60	352.20
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	289.9	292.80	220.20	125.00	122.80	237.20	135.90	151.80	351.80
Peso del Agua	gr	6.70	6.00	6.80	3.10	3.10	3.40	0.40	0.80	0.40
Peso Muestra Seca	gr	209.60	213.10	182.80	98.00	96.00	199.90	97.40	114.50	279.40
Contenido de humedad ; W%	%	3.01		3.72	3.20		1.70	0.55		0.14
Promedio Contenido de Humedad	%	3.36			2.45			0.35		
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm3	1.80			1.92			2.10		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
ACUMULADO		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%

OBSERVACIONES:

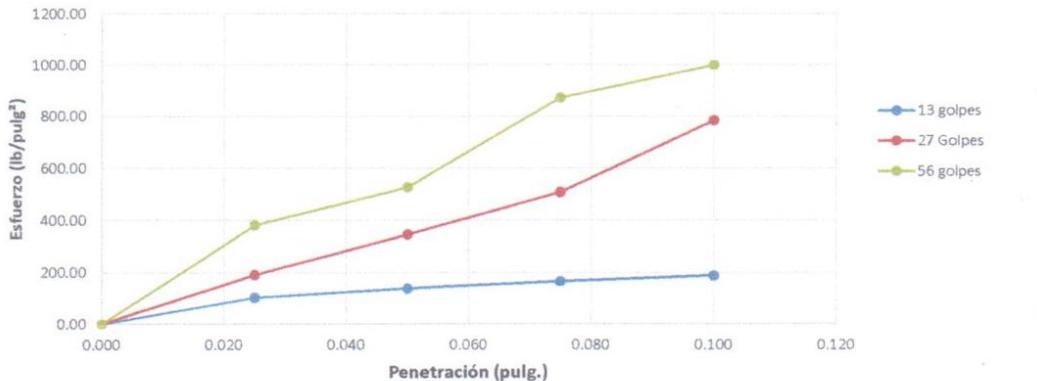
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony FECHA: 03/12/2018	NOMBRE: Ing. Eric Muñoz Barboza FECHA: 03/12/2018	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 03/12/2018

18. Fichas de Recolección de ensayo de CBR /Penetración) – +6% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188						CBR-LS-UPNC:			
TESIS:		PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICIÓN DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES									
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:				Afirmado + 6% de POLIURETANO			
UBICACIÓN:		El Gavilán		COLOR DE MATERIAL:				ROJIZO			
FECHA DE MUESTREO:		28/09/2018		RESPONSABLE:				Jave Arteaga Jhimy Anthony			
FECHA DE ENSAYO:		05/12/2018		REVISADO POR:							

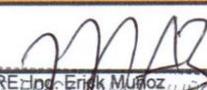
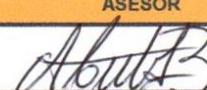
CARGA - PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.635	0.025	46.45	7.20	102.42	86.57	13.42	190.89	172.88	26.81	381.21	
1.270	0.050	62.65	9.72	138.15	157.29	24.39	346.82	238.83	37.03	526.62	
1.905	0.075	75.48	11.70	166.43	230.08	35.68	507.32	395.51	61.33	872.10	
2.540	0.100	85.71	13.29	188.98	355.73	55.16	784.39	453.75	70.36	1000.51	

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



The graph plots Effort (lb/pulg²) on the y-axis (0.00 to 1200.00) against Penetration (pulg.) on the x-axis (0.000 to 0.120). Three data series are shown: 13 golpes (blue line), 27 golpes (red line), and 56 golpes (green line). All series show an increasing trend of effort with penetration, with the 56 golpes series consistently having the highest effort values for a given penetration.

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018

19. Fichas de Recolección de ensayo de CBR – +6% de Poliuretano

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
TESIS:	PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO CON LA ADICION DE POLIURETANO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: Afirmado + 6% de POLIURETANO
UBICACION:	El Gavilán	COLOR DE MATERIAL:	ROJIZO
FECHA DE MUESTREO:	28/09/2018	RESPONSABLE:	Jave Arteaga Jhimy Anthony
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2018	REVISADO POR:	

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg2)	188.98	784.39	1000.51
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	18.90	78.44	100.05
Ds (gr/cm3)	1.80	1.92	2.10

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN

RESULTADOS	
Máxima densidad seca (gr/cm3)	2.086
CBR 0.1" (%)	98.60

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jave Arteaga Jhimy Anthony	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018	FECHA: 05/12/2018