

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE YUTE
EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL MATERIAL DE
AFIRMADO DE LA CANTERA ‘BAZÁN’ – CAJAMARCA,
2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Sally Benel Cerna

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca - Perú

2019



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Alejandro Cubas Becerra, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de la estudiante:

- Benel Cerna Sally.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera 'Bazán' - Cajamarca, 2017 para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** a la interesada para su presentación.

Ing. Alejandro Cubas Becerra
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de la estudiante: Benel Cerna Sally para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera 'Bazán' - Cajamarca, 2017.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Ing. Eryln Salazar Huamán
Jurado

Ing. Iván Mejía Díaz
Jurado

DEDICATORIA

A MIS PADRES,

POR LA OPORTUNIDAD Y LA CONFIANZA DE SIEMPRE.

A MI HIJA CIELO,

TODO ESFUERZO ES POR TI, Y TODO QUEDA TAN PEQUEÑO

COMPARADO CON LO QUE YO RECIBO DE TI.

AGRADECIMIENTO

A MI ASESOR, ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA, POR SU ACOGIDA Y
ATENCIÓN ESMERADA.

A MIS DOCENTES, QUE A LO LARGO DE LA CARRERA ME INSPIRARON Y
ENSEÑARON CON MUCHA DEDICACIÓN.

A MIS AMIGOS DE LA CARRERA, POR SU APOYO, ALEGRÍA Y
CONSIDERACIÓN QUE ME FORTALECIERON CONSTANTEMENTE.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Objetivos	19
1.4. Hipótesis.....	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS	27
3.1. Humedad natural	27
3.2. Granulometría	27
3.3. Clasificación SUCS	28
3.4. Clasificación AASHTO.....	28
3.5. Límite líquido.....	28
3.6. Abrasión Los Ángeles	29
3.7. Compactación-Proctor modificado	30
3.8. Relación de Soporte California (CBR).....	30
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Franjas granulométricas para afirmados.	14
Tabla 2. Resumen de la Red Vial Provincial.	15
Tabla 3. Resultado de ensayo de contenido de humedad	27
Tabla 4. Resultado del análisis granulométrico	28
Tabla 5. Resultado del ensayo de Abrasión	29
Tabla 6. Resultados de ensayo CBR	30
Tabla 7. Resultados de análisis versus las especificaciones del MTC.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Gráfico 1. Curva granulométrica del material ensayado y franja granulométrica del afirmado A-1	27
Gráfico 2. Diagrama de fluidez del material ensayado.	29
Gráfico 3. Curva de compactación.	30
Gráfico 4. Aumento del CBR en función del porcentaje de adición de fibra de yute.	31

RESUMEN

El reforzamiento de suelos es una de las técnicas más utilizadas para el mejoramiento de las propiedades de suelos pobres. El uso de las fibras naturales para el mejoramiento de suelos es muy ventajoso. En este estudio se verificó la influencia de la adición de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera 'Bazán', cuyo suelo cumple con los requisitos mínimos para ser utilizado como material de afirmado, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se reforzó el suelo con 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de yute de 1mm de diámetro previamente cortada en longitudes de 20 mm. El ensayo CBR realizado fue con un contenido de humedad de 6% y una máxima densidad seca (MDS) de 2.242 g/cm^3 , obtenidos del ensayo de compactación. El CBR alcanzado por el suelo no reforzado fue de 92.3%. Mientras que los valores CBR del suelo reforzado a 0.5%, 0.75% y 1% en peso con fibra de yute fueron de 101.0%, 110.0% y 113.0% respectivamente. En conclusión, el mayor valor CBR alcanzado fue de 113% para el 100% de la MDS, correspondiente a la muestra de afirmado reforzada con 1% de fibra de yute.

Palabras clave: fibra de yute, CBR, resistencia mecánica.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Para el desarrollo de un país, un modo satisfactorio de transporte y comunicación es indispensable. Esto se logra con un sistema de transporte económicamente viable con un adecuado diseño de pavimento. La red de caminos de bajo volumen de tránsito es de suma importancia para el desarrollo socio-económico de un país o región. Alrededor del 80% de la longitud de la red vial total del país está constituido por caminos de bajo volumen de tránsito, siendo en su mayoría el único o principal medio para la movilización en zonas marginadas. Estos caminos incluyen vías en tierra y en grava principalmente. Generalmente se encuentran en regular o mal estado, realidad que se desconoce a nivel gubernamental. Esta realidad permite que el mantenimiento sea insuficiente, de mala calidad o prácticamente nulo. (Sánchez, 2015).

En el Perú, los niveles de pobreza son alarmantes. Se estima que el 70% de la población rural es pobre y el 35.6% está en pobreza extrema. Uno de los factores que determinan la pobreza es la escasez de capital físico público y privado, en este se encuentran los caminos rurales como infraestructura económica o capital construido. La importancia de la red vial radica en su aporte a la integración de todo el país permitiendo la comunicación entre las ciudades más importantes y luego a las rutas departamentales y nacionales. Entre muchas ventajas, estas vías evitan la marginación y el abandono de comunidades pobres. En el año 1999, se estimó que, del total de rutas vecinales en el Perú, aproximadamente el 43% se encuentran en mal estado. En este sentido, es necesaria la intervención para acciones de mejora y consolidación del tránsito en redes viales rurales. (MTC, 2002)

Las vías rurales de la provincia de Cajamarca, constituyen un importante porcentaje del total de vías. De estas, muchas se encuentran en estado regular a malo, debido a su poco mantenimiento o al suelo pobre con el que está constituido su superficie de rodadura. (INEI, 2017)

En países con limitados recursos económicos como India y Bangladesh se vienen utilizando ampliamente las fibras naturales como de yute, coco y otras propias de la zona, para reforzar tanto el suelo como taludes y riveras de ríos. (Ghosh, 2016)

Praveen Aggarwal y Bajinder Sharma (2010) en su estudio denominado *Application of Jute Fiber in the Improvement of Subgrade Characteristics*, llevaron a cabo una serie de pruebas Proctor y CBR en suelo mezclado con fibra de yute de diferentes diámetros (2 a 8 mm.) y longitudes (5 a 20 mm.). La fibra fue mezclada en diferentes porcentajes (0.2 a 1.0 %) para encontrar la cantidad óptima. Concluyeron que la fibra de yute en un 0.8% y longitud de 10 mm. incrementa el valor de CBR en 2.5 veces al valor de suelo no reforzado.

En el año 2015, Vinod Sonthwal y Dheeraj Sahni, realizaron una serie de ensayos Proctor y CBR en suelo reforzado con fibra de yute. El porcentaje de fibra fue 0.25, 0.5, 0.75 y 1%. La longitud de las fibras varió de 10 mm. a 25 mm. y dos diferentes diámetros, 4 mm y 8 mm fueron considerados para hallar la cantidad óptima. Concluyeron que el valor de CBR aumenta hasta un 131.8% con un contenido de 0.75% de fibra de yute de 25 mm de largo y 8 mm de diámetro.

En el 2016, Kiran Kumar y B. Jagan publicaron *A Critical Review on Applications of Natural Jute Fibres, a Case Study*; en el que concluyen que el valor de CBR de una muestra de suelo aumenta de 15.18% a 18.09% con la adición de fibra de yute natural al 3%.

Los investigadores H. P. Singh y M. Bagra en el año 2013 probaron el mejoramiento del valor de CBR en el suelo reforzado con fibra de yute adicionada al 0.25, 0.5, 0.75 y 1% del peso de suelo. Se obtuvo el máximo valor de CBR con fibras de 90 mm de longitud y 2 mm de diámetro, adicionadas en un 1% del peso del material. El incremento del valor CBR en el suelo reforzado con fibra de yute reducirá sustancialmente el espesor de la subrasante del pavimento y de la superficie de rodadura en el caso de vías afirmadas.

Las vías afirmadas son carreteras de tercera clase cuya superficie de rodadura es un material que puede ser obtenido de forma natural o procesada, debidamente aprobado, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada (MTC, 2013)

Rondón y Reyes (2015) definen al afirmado como la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la capa de subbase. Es empleado por lo general en la construcción de proyectos viales rurales.

El tránsito diario de las vías afirmadas puede superar los 100 vehículos y la velocidad de circulación puede ser alta si la vía está bien mantenida. El diseño de afirmados utiliza dos factores: el valor soporte de California (CBR) y el número de ejes equivalentes. (Cubas, 2016)

Según el Manual de Carreteras del MTC, las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Este material debe cumplir con requisitos de calidad detallados a continuación y además debe ajustarse a alguna de las franjas granulométricas que se indica en la Tabla 1.

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (*): 40% mín. (MTC E 132)

(* Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm)

- Granulometría: debe ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la tabla siguiente:

Tabla 1.

Franjas granulométricas para afirmados.

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A - 1	A - 2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-				
37.5 mm (1 ½")	100	-				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (N°4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N°40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N°200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Manual de Carreteras. (MTC, 2013)

De modo resumido, en la Tabla 2, se muestra la longitud de carreteras de la provincia de Cajamarca, con relación a los sistemas que integra y según la superficie de rodadura.

Tabla 2.

Resumen de la Red Vial de la Provincia de Cajamarca.

SISTEMA	SUPERFICIE DE RODADURA				Total (Km)
	Pavimentada	Afirmado	Sin afirmar	Trocha Carrozable	
Nacional	1404.9	229.9	92.6	13.1	1740.5
Departamental		38.1	27.1	28.1	93.3
Vecinal		702.8	65.1	1219.5	1987.4
Total	1404.9	970.8	184.8	1260.7	3821.2

Fuente: INEI (2017)

Una de las propiedades de los suelos que debe tener en cuenta el ingeniero es la resistencia. Esta propiedad se ve especialmente afectada por la humedad y por la energía de compactación que dependen de las características del suelo. Además, puede modificarse la resistencia por medio de la adición de agentes que reduzcan la fricción y cohesión entre las partículas. Ante la indisponibilidad de material óptimo para una obra determinada, muchas veces se debe modificar las propiedades del material existentes para cumplir los requisitos de diseño. (Montejo, 2010)

La estabilización de suelos es un proceso que modifica a un suelo o agregado procesado para mejorar su comportamiento como material constitutivo de un pavimento. (Montejo, 2010)

Según Crespo (2008) los sistemas de estabilización de suelos que más se emplean en la actualidad son los siguientes:

- Estabilización por compactación.
- Estabilización mediante la unión de los granos del suelo con un material cementante.
- Estabilización mediante tratamientos químicos.
- Estabilización mecánica empleando suelos granulares.
- Estabilización electrosmótica.

La mezcla de dos o más materiales para obtener mejores propiedades ingenieriles es muy común. Mezclar el suelo con fibras atrajo la atención desde el punto de vista económico, pues en condiciones ideales el costo de la estructura convencional puede ser reducido hasta un 50% (Aggarwal y Sharma, 2010)

Una de las fibras naturales que mayor desempeño han mostrado para fines ingenieriles es la fibra de yute, que es considerada una de las fibras del futuro por constituir un sucedáneo favorable de las fibras sintéticas que utilizan insumos insostenibles. Además de las ventajas técnicas y de los costos, estos productos responden a la sensibilización del consumidor respecto a las normas ambientales de sostenibilidad. (FAO, 2017)

El yute es un arbusto de 2 a 4 m de alto que crece en climas cálidos y húmedos. La fibra de yute es producida mayormente en India y Bangladesh (80% de la producción mundial), pero se cultiva en numerosos países como Brasil, Camboya, Camerún, China, Egipto, Irán, Pakistán, Perú, Tailandia y Vietnam. Se utiliza para la fabricación de productos tradicionales. Los productos de yute diversificados, como geotextiles y materiales compuestos se manufacturan en cantidades relativamente pequeñas. Las fibras disponibles en el mercado vienen tejidas mecánicamente con delgadas hebras de diámetros de 2 mm a 10 mm. Tradicionalmente ha sido utilizada para empaque; sin embargo, su versatilidad ha hecho que se la empiece a ver como una opción natural de salvar el medio ambiente. (Aggarwal y Sharma, 2010).

El yute es extraído de plantas del género *Corchorus* de la familia Tiliaceae. Se recolecta de fuentes locales y se extrae de la piel de la planta. Se le agrega una resina epóxica a temperatura ambiente en una proporción de 10:1 en peso según el fabricante. Se usa ampliamente pues se ha demostrado que la fibra de yute posee excelente adhesión, buena resistencia química, buen comportamiento a elevadas temperaturas; además de las propiedades mecánicas como resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, resistencia al impacto, resistencia al corte interfacial; las cuales incrementan con el uso de agentes químicos que disminuyen la absorción de humedad y permiten un mejor comportamiento de las fibras. (Ranjan y Biswas, 2017)

La fibra de yute contiene 72% de celulosa, 13% de hemicelulosa, 13% de lignina y menos de 1% de pectina. Los dos primeros compuestos son los componentes

estructurales de toda fibra vegetal, la lignina es la encargada de darle rigidez a la fibra, mientras que la pectina constituye los poros para la difusión del agua entre el material. El yute es largo, blando y brillante con una longitud de 1 a 4 metros y entre 17 a 20 micras de diámetro. Estas fibras son 100% biodegradables. Entre sus ventajas figuran las propiedades aislantes y antiestáticas, así como su baja conductividad térmica y moderada retención de humedad. (Meshram, 2013).

En el Manual De Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen De Tránsito. (EG-CBT 2008) se menciona al yute como corteza vegetal para el control de la erosión, para protección de cunetas de taludes y para fines de estabilización.

En el siglo 21, la adición de fibra de yute en materiales para trabajos de construcción civil ha sido aplicable principalmente en capas subrasantes de pavimentos flexibles. Debido a la debilidad en propiedades mecánicas, el suelo necesita ser mejorado de acuerdo al requerimiento, que varía de lugar en lugar. La estabilización de suelos ha sido desarrollada desde muchos años atrás para mejorar las propiedades ingenieriles del suelo. El principal método de estabilización incluye la mezcla del suelo con otro suelo de mayor fuerza o con materiales de unión como cemento, calcio, caliza o fibras naturales. El reforzamiento de suelo aumenta la fuerza del suelo, la capacidad de soporte, ductilidad e inhibe la deformación. El suelo puede ser reforzado con la inclusión de tiras de metales de alta fuerza y/o fibras naturales o sintéticas. Durante las últimas se ha realizado mucho trabajo para mejorar las propiedades ingenieriles del suelo y se ha establecido que la adición de fibra es una manera eficiente de mejorar el

comportamiento del suelo en obras ingenieriles en general. El reforzamiento de suelo con fibras es efectivo en todo tipo de suelo (arenoso, limoso y arcilloso). El uso de fibras naturales para reforzamiento de suelos es antiguo y se hace ventajoso en el sentido que está disponible localmente, es biodegradable y amigable ambientalmente. Además de las fibras de yute, también se utilizan fibras de coco, palma, cáscara de arroz, paja de cebada y otros más. (Kumar et al, 2015)

Kumar (2016) indica que se ha demostrado que los geotextiles de fibra de yute pueden ser usados convenientemente para controlar la erosión del suelo y para ayudar al crecimiento de vegetación. Además, luego de su biodegradación, el yute se une al suelo y agrega nutrientes produciendo una revegetación del suelo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado A-1 de la cantera “Bazán”?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera “Bazán”.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el ensayo de CBR del material de afirmado A-1.

- Realizar el ensayo CBR del material de afirmado A-1 reforzado con 0.5, 0.75 y 1% al peso de fibra de yute.
- Comparar los valores de CBR, obteniendo el porcentaje de fibra de yute que produce un mayor valor de resistencia mecánica en el material de afirmado A-1.

1.4. Hipótesis

La incorporación de fibra de yute aumenta la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera "Bazán".

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Investigación experimental.

2.2. Población y muestra

Material de afirmado de la cantera Bazán que cumple con las especificaciones de afirmado A-1 (MTC).

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

- Equipo de seguridad individual.
- Contenedores plásticos para el material de cantera.
- Juego de mallas para análisis granulométrico.
- Máquina de abrasión Los Ángeles.
- Equipo para ensayo de límite líquido
- Equipo para el ensayo de compactación Proctor Modificado.
- Equipo para ensayo de CBR.
- Fibra de yute.
- Taras.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados de cada ensayo fueron procesados tal como lo indica su norma correspondiente, para ser luego contrastados con las especificaciones del MTC para afirmados.

Se utilizó como instrumento de análisis de datos una hoja de cálculo con la cual se organizaron los datos, se procesaron y se graficaron tal como lo indican las normas técnicas indicadas en el acápite anterior.

Los resultados de las pruebas CBR realizadas con diferentes contenidos de fibra de yute se contrastaron con el porcentaje de adición de fibra de yute en la muestra. Pudiendo relacionar la influencia de la adición de fibra en la resistencia mecánica del material de afirmado. El resultado que se presenta es el contenido óptimo de fibra de yute correspondiente al máximo aumento del valor CBR.

2.5. Procedimiento

Los procedimientos seguidos son los especificados en las Normas Técnicas Peruanas respectivas a cada ensayo o las normas que provee el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Estos se detallan a continuación.

Extracción de la muestra (MTC E 201)

Se realizó de manera manual, extrayendo al azar de la zona de descarga tres muestras de material inalterado previamente mezclado, de aproximadamente 25 kg. Este procedimiento se realizó 3 veces para completar el material requerido para todos los ensayos.

Contenido de humedad (NTP 339.127)

Se utilizaron tres muestras que previamente pesadas, se mantuvieron en la estufa durante 24 horas a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego se determinó el contenido de humedad en porcentaje. (Anexo N°1)

Análisis granulométrico (NTP 339.128)

Después de tener la muestra uniforme obtenido por cuarteo, se pesó la muestra seleccionada y se llevó al horno durante 24 horas, verificándose una masa constante. Se dividió la muestra en dos porciones, una contiene solo partículas retenidas en el tamiz 2.00 mm (N° 10) y la otra porción contienen partículas que pasan el tamiz 2.00 mm (N° 10). Las porciones se analizaron independientemente por tamizado y se registró la cantidad retenida en cada tamiz utilizando la balanza. El análisis se realizó calculando el porcentaje que pasa por cada tamiz. (Anexo N°2)

Clasificación SUCS (NTP 339.134)

En base a la gradación y a parámetros como el coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc) se identificó la clase de suelo que se va a analizar.

Clasificación AASHTO (ASTM D3282-15)

Este sistema de clasificación diferencia a los suelos según su gradación y sus características como índice de plasticidad o límite líquido.

Prueba de Abrasión Los Ángeles (ASTM C-131)

Esta prueba se realizó con las indicaciones para la gradación "A" que utiliza 1250 ± 25 g de las partículas de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", haciendo un total de 5000 g, para someterlas a la máquina de abrasión con 12 esferas por un tiempo de 15 minutos, completando 500 revoluciones. Finalmente se pasa el material extraído de la máquina Los Ángeles por la malla N° 12. Se pesa el material retenido en dicha malla y se calcula el porcentaje e desgaste.

Prueba de compactación Proctor Modificado (NTP 339.141)

La prueba de compactación de Proctor nos brinda el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca, como lo indicado en la Norma Técnica Peruana NTP 339.141 (Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2700 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$))

Se procedió según el método C. Se humedecieron uniformemente cuatro muestras de suelo a diferentes contenidos de agua (2%, 4%, 6% y 8% del peso). Se colocaron en cinco capas dentro de un molde de dimensiones estandarizadas. Con cada capa compactada con 56 golpes de un pisón de 44.5 N (10 lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de $2700 \text{ kN}/\text{m}^3$ aproximadamente. Luego se determinó el peso unitario seco resultante.

Al repetir este procedimiento con las diferentes muestras, se obtiene datos del peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Al plotear estos datos, se presenta una relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores de óptimo

contenido de agua y el máximo peso unitario seco modificado se determinan en base a la curva de compactación. (Ver Anexo 05)

Reforzamiento con fibra de yute

La fibra de yute que se comercializa en nuestro país, se encuentra tejida y de un solo diámetro. La fibra de yute utilizada para el reforzamiento en este estudio fue de diámetro de 1 mm. y se cortó en piezas de 20 mm de longitud.

El reforzamiento se realizó agregando a las muestras de suelo un porcentaje de fibra de yute correspondiente al 0.5%, 0.75% y 1% del peso. Se mezcló exhaustivamente con el contenido de agua correspondiente a su óptimo contenido de humedad. (Ver Anexos 15 y 16)

Prueba CBR (NTP 339.145)

Según procedimiento estándar indicado en la NTP 339.145 (Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio), se prepararon las muestras de suelo sin reforzar y reforzadas con fibra de yute, de las cuales se conoce su óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca. Para cada contenido de humedad se prepararon 3 especímenes que fueron compactados usando tres diferentes esfuerzos de compactación para obtener pesos unitarios por encima y debajo del peso unitario deseado. Para la preparación de las muestras de suelo reforzadas con fibra de yute, la cantidad deseada de fibra en estado seco fue mezclada con suelo antes de la adición de agua y luego compactados a la misma densidad Proctor.

Se niveló la superficie superior del espécimen en el molde CBR y se colocó un papel filtro y un disco metálico perforado sobre la muestra. Luego de colocar un peso de 5 kg se transfieren las muestras a un tanque con agua. Luego de 2 días de remojo, el molde se desensambló y la superficie superior de la muestra se expuso al aire por una hora y media. Para la prueba en sí, el molde CBR se llevó a un marco de carga motorizada. La penetración causada por un émbolo en el centro del espécimen determinó los valores de CBR correspondientes a penetraciones de émbolos de 2.5 mm y 5 mm como procedimiento estándar.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Humedad natural

Tabla 3.

Resultado de ensayo de contenido de humedad.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Porcentaje de humedad	3.67	3.66	3.60
Promedio de porcentaje de humedad	3.64		

3.2. Granulometría

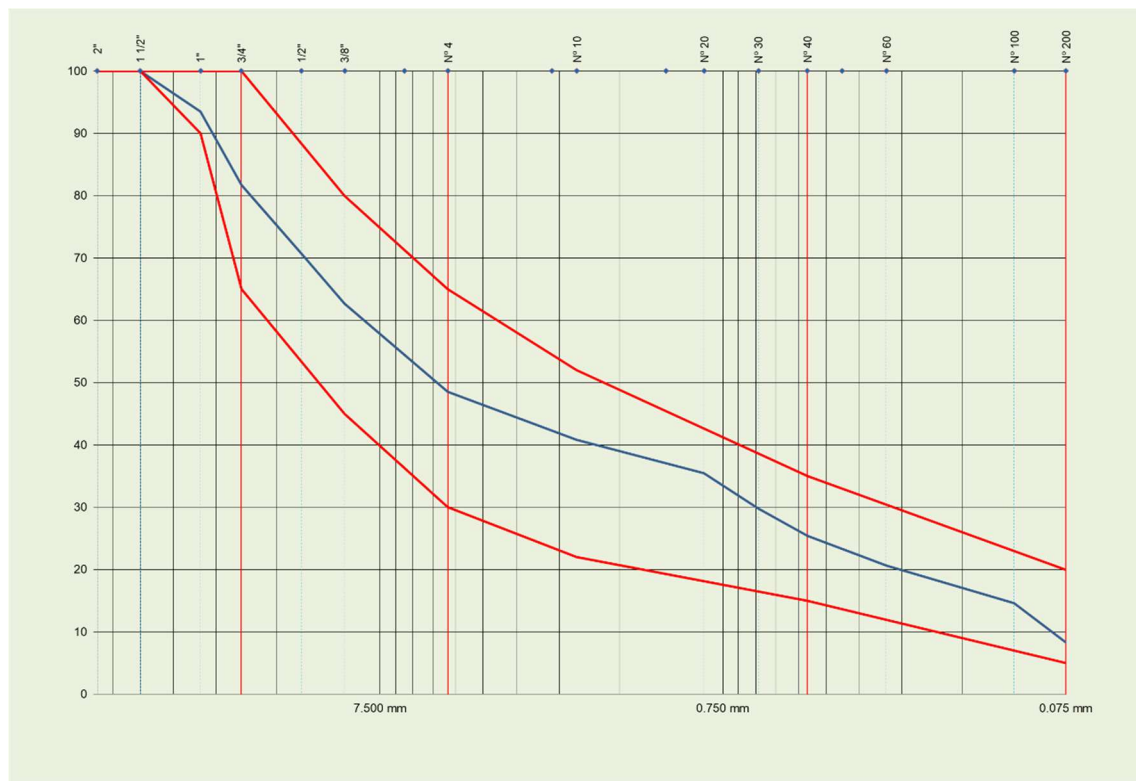


Gráfico 1. Curva granulométrica del material ensayado (azul) y franja granulométrica del afirmado A-1 (rojo).

Tabla 4.

Resultado del análisis granulométrico

Fracción	Porcentaje
Gravas	51.45
Arena	40.21
Finos	8.34

Además, se calculó el coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

$$Cu = 89.62$$

$$Cc = 0.346$$

3.3. Clasificación SUCS

Según el procedimiento del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el material analizado se clasifica como **grava limosa: GM**

3.4. Clasificación AASHTO

El material analizado cumple con las características del suelo **A-1** según el sistema de clasificación de AASHTO.

3.5. Límite líquido

A los 25 golpes, al material analizado le corresponde una humedad de **16.55%**.

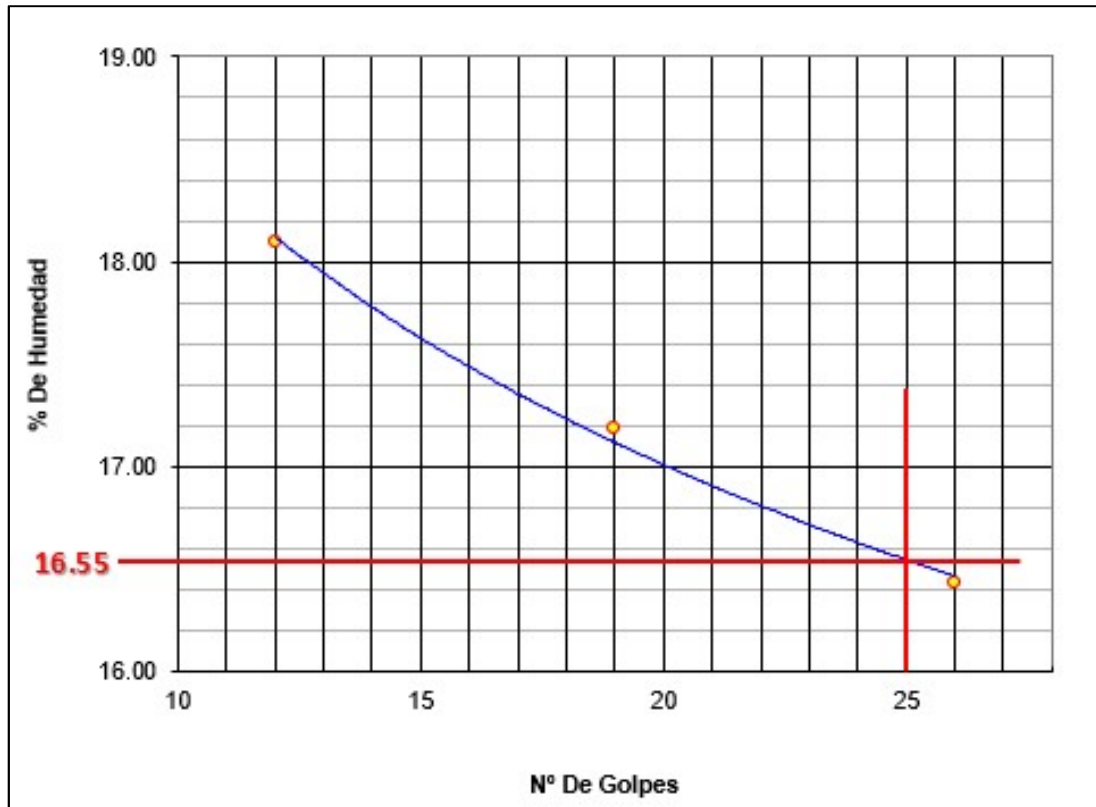


Gráfico 2. Diagrama de fluidez del material ensayado.

3.6. Abrasión Los Ángeles

Tabla 5.

Resultado del ensayo de Abrasión

Material ensayado	5000.0 g
Material retenido en malla N° 12	3261.3 g
Porcentaje de desgaste	34.77 %

3.7. Compactación-Proctor modificado

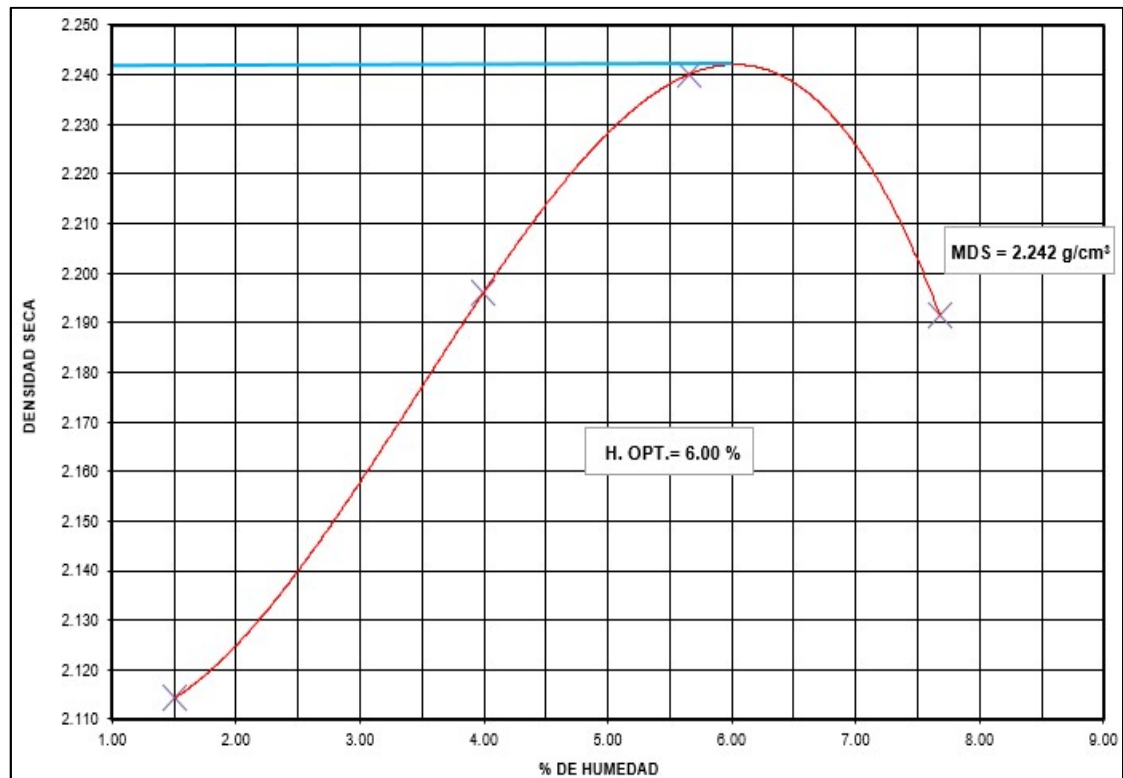


Gráfico 3. Curva de compactación.

3.8. Relación de Soporte California (CBR)

Tabla 6

Resultados de ensayo CBR

Muestra	CBR (%)	
	95% de MDS	100% de MDS
Muestra no reforzada	59.0	92.3
Muestra + 0.50% fibra yute	68.0	101.0
Muestra + 0.75% fibra yute	84.0	110.0
Muestra + 1.00% fibra yute	93.5	113.0

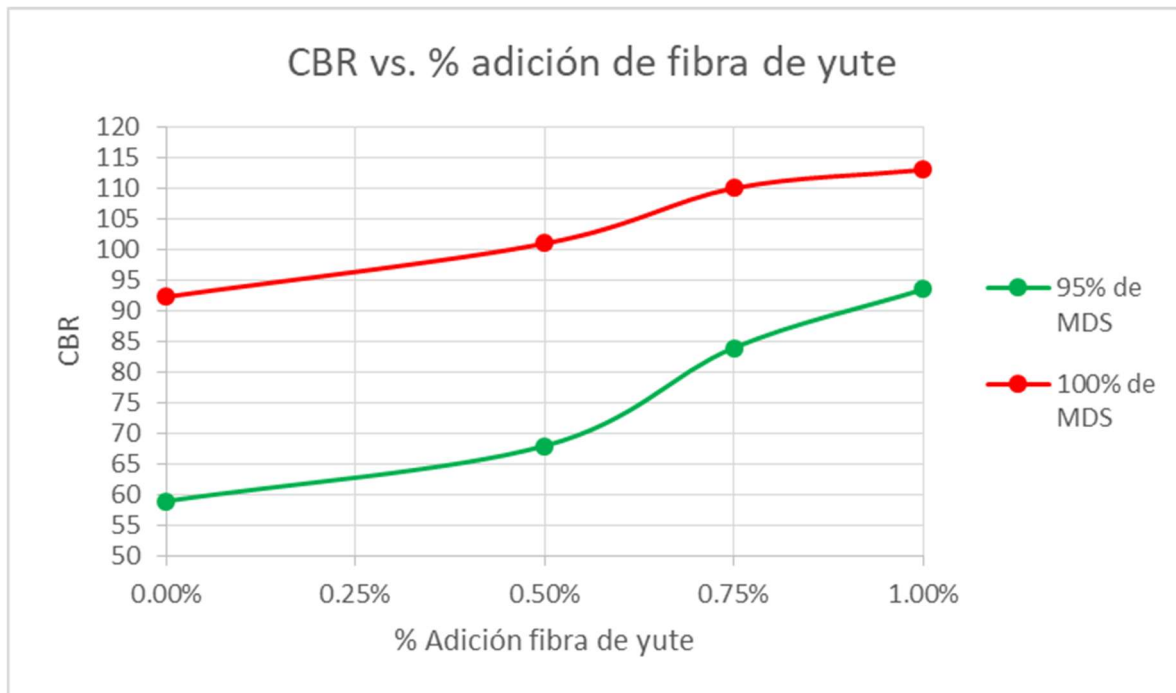


Gráfico 4. Aumento del CBR en función del porcentaje de adición de fibra de yute.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- De la infraestructura vial de la provincia de Cajamarca, un 25% corresponde a vías afirmadas y casi un 5% a vías sin afirmar. Adicionalmente, se indica que el estado de las vías es regular o malo. Lo que nos demuestra la necesidad de habilitar vías de mayor resistencia y la necesidad de un mantenimiento periódico. Se hace necesario también utilizar técnicas innovadoras y a la vez económicas para el reforzamiento del material a utilizar.
- El material de cantera de cerro analizado cumple con las especificaciones para afirmado del MTC indicadas en el marco teórico.

Tabla 7.

Resultados de análisis versus las especificaciones del MTC para afirmados.

Ensayo	Resultados	Especificaciones (MTC)
Granulometría	Gravas 51.45%	Adaptada a gradación A-1
	Arena 40.21%	
	Finos 8.34%	
Límite líquido	16.55%	Máximo 35%
Abrasión	34.77%	Máximo 50%
CBR	92.3%	Mínimo 40%

- Los suelos clasificados como GM son gravas limosas; es decir, son de mezclas de grava, arena y limos de baja plasticidad.
- Se utilizó como unidad de estudio el material de afirmado que cumple con las especificaciones de afirmado A-1 (MTC) para estandarizar las muestras analizadas y hacer aplicable el estudio.
- El tipo de estabilización utilizada (mezcla con fibra natural) en el material ensayado cabe en la clasificación de estabilización física, pues esta incluye la mezcla con materiales que aportan una mejora en la cohesión y la compactación.
- Según las especificaciones para afirmado del MTC se considera un 40% como mínimo de CBR, valor que es cubierto por los especímenes analizados. Siendo el más favorable el que contiene 1% de fibra de yute.
- Las fibras naturales como fibra de yute o coco son utilizadas para mejorar la resistencia de suelos, controlar la erosión y en aplicaciones de drenaje. Usado como geotextil o como material de refuerzo en general provee una solución económica, de fácil descarte y descomposición sin contaminación.
- Se observa que el aumento del CBR está en función del porcentaje de adición de fibra de yute al material de afirmado, resultado que coincide con los estudios antecedentes; que, al utilizar diferentes tipos de suelos, obtienen un aumento del valor CBR proporcional al porcentaje de fibra añadido. (Gráfico N° 4)

- En los estudios antecedentes se utilizan diámetros de fibra de yute de entre 1 y 8 mm. En nuestro medio tenemos la fibra de yute tejida cuyo diámetro es aproximadamente 1 mm, la cual fue cortada en longitudes de 20 mm para el ensayo.
- En algunos estudios consultados ensayan el material granular con un margen más amplio de porcentaje de fibra de yute adicionada. Así, pudieron observar que el valor de CBR aumenta hasta un cierto valor y luego empieza a disminuir; lo que parece coincidir con los resultados de este estudio, pues tenemos dos valores de CBR consecutivos mayores al valor precedente en nueve puntos porcentuales (0.5% y 0.75% de fibra de yute) y el siguiente es mayor en solo 3 puntos porcentuales (1% de fibra de yute). Por tal motivo, debe ensayarse cada material específico a ser utilizado con el mayor margen posible de porcentaje de fibra de yute adicionada y de ser posible adicionando la longitud de la fibra como una variable más.
- Es importante tener cuidado con el porcentaje óptimo de humedad del suelo; ya que, a mayores contenidos de humedad, se reducen los efectos de refuerzo de la fibra, pues esta actúa como lubricante en la interface de la fibra y las partículas del suelo.
- Existen estudios de reforzamiento de suelo con fibra de yute cubierta con bitumen, sustancia que la hace menos hidrofílica, biodegradable y resistente a microbios, mejorando sus propiedades considerablemente. Sin embargo, no se

ha encontrado antecedentes que estudien la vida útil de vías afirmadas con material reforzado con fibras naturales.

- La fibra de yute puede ser considerada un buen material de reforzamiento pues al incrementar el valor de CBR de un suelo, disminuye el espesor de diseño de un pavimento, lo que finalmente se traduce en un menor costo de construcción y disminución del tiempo y mano de obra requeridos.

- Las posibles aplicaciones del suelo reforzado con fibras naturales son diversas. Sin embargo, es necesario que se realicen estudios de laboratorio y de campo más completos y con mayor cantidad de variables, para obtener mejores evidencias y poder utilizar con mayor seguridad esta técnica de reforzamiento de suelo.

4.2 Conclusiones

1. El valor de CBR del material de afirmado A-1 de la cantera 'Bazán' alcanzó el 92.3% de su MDS a un 6% de humedad.

2. Los valores de CBR del material de afirmado A-1 de la cantera 'Bazán' reforzado con 0.5%, 0.75% y 1% al peso de fibra de yute alcanzaron el 101%, 110% y 113% de su máxima densidad seca a un 6% de humedad.

3. La hipótesis planteada se validó pues el valor de CBR del material de afirmado A-1 de la cantera 'Bazán' aumenta hasta un 22% con la adición de fibra de yute de 1 mm de diámetro y 20 mm de longitud, a una proporción de 1% del peso.

REFERENCIAS

1. AGGARWAL, Praveen y Bajinder SHARMA. 2010. *Application of Jute Fiber in the Improvement of Subgrade Characteristics*. [En línea]. Consultado: (12 mayo 2017). Disponible en: <http://searchdl.org/public/conference/2010/ACE/41.pdf>
2. ASTM D3282 – 15, *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. 2008. *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 4° ed. México: Limusa.
4. CUBAS BECERRA, A. 2016. *Afirmados*. [Diapositiva]. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
5. FAO. *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al año 2010*.
https://books.google.com.pe/books?id=f8N4VoUtMpcC&pg=PA137&dq=fibra+yute&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwicxs-8u_TTAhXH7yYKHTPOBkUQ6AEISTAJ#v=onepage&q=fibra%20yute&f=true
6. GHOSH, Swapan; Rajib BHATTACHARYYA y Murari MONDAL. (2016). *Bituminized Jute Paving Fabric (BJPF) for Road Construction – A Potential Innovative Approach*. International Journal of Innovative Research in Science,

Engineering and Technology (5:1). [En línea] Consultado: (12 mayo 2017).

Disponible en: https://www.ijirset.com/upload/2016/january/95_23_Bituminized.pdf

7. JUAREZ, Eulalio y Alfonso RICO. 2011. Mecánica de Suelos. 5° ed. México: Limusa.
8. KUMAR, Kiran y B. Jagan. 2016. A Critical Review on Applications of Natural Jute Fibres a Case Study. International Journal of Civil Engineering and Technology (7:3, 200-210). [En línea]. Consultado: (12 mayo 2017). Disponible en: http://iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/IJCIET_07_03_020/IJCIET_07_03_020.pdf
9. KUMAR D., et al. (2015). Improvement in CBR Values of Soil Reinforced with Jute Fibre. [En línea]. Consultado: (05 junio 2017). Disponible en: https://www.erppublication.org/published_paper/IJETR032282.pdf
10. INEI. Compendio estadístico Cajamarca 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1492/libro.pdf
11. MANUAL DE CARRETERAS. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
12. MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO

VOLUMEN DE TRÁNSITO. EG-CBT 2008. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

13. MESHAN, Kundan; MITTAL, S.K.; JAIN, P.K. Y AGARWAL, P.K. Application of Coir Geotextile in Rural Roads Construction on BC soil Subgrade. International Journal of Engineering and Innovative Technology 2013:3(4). Consultado: (25 octubre 2017). Disponible en: www.ijeit.com/Vol%203/Issue%204/IJEIT1412201310_46.pdf
14. MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. (2016). Manual de ensayo de materiales.
15. MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. (2002). Plan estratégico del Programa de Caminos Rurales.
16. MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. (2004). Plan Vial Participativo de la Provincia de Cajamarca.
17. MONTEJO FONSECA, Alfonso. (2010). Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
18. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.128 (1999). Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.

19. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.141 (1999). Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)).
20. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.145 (1999). Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
21. RONDÓN QUINTANA, Hugo Alexander y Fredy Alberto REYES LIZCANO. (2015). Pavimentos. Materiales, construcción y diseño. Lima: Macro.
22. SÁNCHEZ, Diego. (2010) Soluciones e Innovaciones Tecnológicas de Mejoramiento de Vías de Bajo Tránsito, para garantizar la Transitabilidad y el Servicio Vial. Lima. Seminario Internacional “Conservación Vial por Resultados y Nuevas Tecnologías”
23. SONTHWAL, Vinod y Dheeraj SAHNI. 2015. Subgrade Soil Improvement Using Jute Fiber. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. [En línea]. Consultado (12 mayo 2017). Disponible en: http://www.ijetae.com/files/Volume5Issue6/IJETAE_0615_43.pdf
24. RANJAN SWAIN Y BISWAS. 2017. Abrasive Wear Behaviour of Surface Modified Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites. Materials Research 2017;20(3):661-674. [En línea]. Consultado: (12 mayo 2017). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392017005017102

25. SINGH, H. P. y M. BAGRA. (2013). Improvement in CBR value of soil reinforced with jute fiber. 2013:2(8). [En línea] Consultado: (12 mayo 2017). Disponible en: https://www.ijirset.com/upload/august/11_IMPROVEMENT.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 1. Ensayo de contenido de humedad.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	
	PROYECTO:	Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera Bazán.	
CALICATA:	-	ESTRATO:	-
UBICACIÓN:	Cantera Bazán		TIPO DE MATERIAL:
FECHA DE MUESTREO:	14.09.17	RESPONSABLE:	Sally Benel Cerna
FECHA DE ENSAYO:	15.09.17	REVISADO POR:	

Temperatura de Secado

60 °C / 110 °C / Ambiente

Método

Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara				
B	Peso del Recipiente	gr	27.8	27.1	26.9
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	163.4	151.7	170.9
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	158.6	147.3	165.9
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	135.6	124.6	144.0
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	130.8	120.2	139.0
W%	Porcentaje de humedad (E-F) / F * 100	%	3.67%	3.66%	3.60%
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		3.64%	

$$W\% = \frac{Ww - Ws}{Ws} * 100$$

$$W\% =$$



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Sally Benel Cerna	NOMBRE: Víctor Quico Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL	NOMBRE: Alejandro Cebal Becerra
FECHA: 15.09.17	FECHA:	FECHA: 29.11.17

ANEXO N° 2. Ensayo de granulometría.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421		AGTS-LS-UPNC:
PROYECTO:	Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera Bazán		
CALICATA:	-	ESTRATO:	-
UBICACIÓN:	Cantera Bazán	TIPO DE MATERIAL:	
FECHA DE MUESTREO:	14.09.17	COLOR DE MATERIAL:	
FECHA DE ENSAYO:	15.09.17	RESPONSABLE:	Sally Benel Cerna
		REVISADO POR:	

Peso muestra seca, Ws		gr		GRANULOMETRIA POR TAMIZADO EN SECO			
mallá	Abertura (mm)	P.R.P.	% RP	% RA	% que pasa		
1 ½"	37.5	0	0	0	100		
1"	25.0	386.6	386.6	6.5	93.50		
¾"	19.0	701.8	1088.4	18.29	81.71		
½"	12.7	653.3	1741.7	29.27	70.73		
3/8"	9.5	480.7	2222.4	37.35	62.65		
Nº4	4,76	839.3	3061.7	51.45	48.55		
Nº10	2	457.9	3519.6	59.15	40.85		
Nº20	0,84	321.2	3840.8	64.54	35.46		
Nº30	0,59	337.4	4178.2	70.21	29.79		
Nº40	0,42	258.8	4437.0	74.56	25.44		
Nº60	0,25	283.4	4720.4	79.33	20.67		
Nº100	0,15	358.8	5079.2	85.36	14.64		
Nº200	0,074	375.1	5454.3	91.66	8.34		
Cazoleta	0	496.3	5950.6	100.00	0		
Total		5950.6					

Cu= 89.62 Cc= 0.346



OBSERVACIONES:

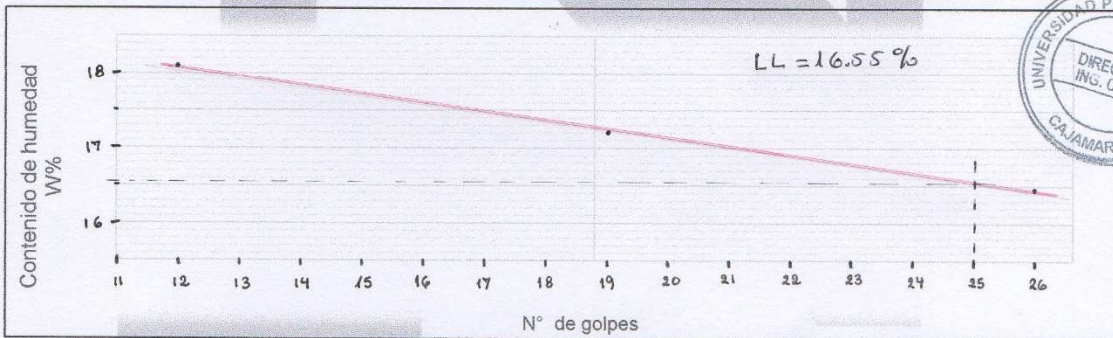
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Sally Benel Cerna	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 15.09.17	FECHA: 27.11.17	FECHA: 27.11.17

ANEXO N° 3. Ensayo de límite líquido

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:	
PROYECTO:	Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera Bazán.						
CALICATA:	—	ESTRATO:	—	TIPO DE MATERIAL:			
UBICACIÓN:	Cantera Bazán			COLOR DE MATERIAL:			
FECHA DE MUESTREO:	14.09.17			RESPONSABLE:		Sally Benel Cerna	
FECHA DE ENSAYO:	15.09.17			REVISADO POR:			

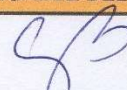
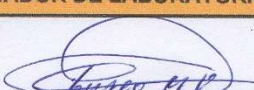
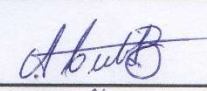
DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	51.90	53.40	59.60		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	48.10	49.50	55.00		
D	Peso de Recipiente	gr	27.10	26.80	27.00		
E	Peso del Agua	gr	3.80	3.90	4.60		
F	Peso Suelo Seco	gr	21.00	22.70	28.00		
G	Número de Golpes	N	12	19	26		
H	Contenido de Humedad	%	18.10	17.18	16.43		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Limite Plástico						



LL = 16.55 %

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Sally Benel Cerna	NOMBRE: Victor Jairo Mijangos COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 15.09.17	FECHA:	FECHA: 27.11.17

ANEXO N° 4. Ensayo de abrasión Los Ángeles.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ABRASIÓN	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTS-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 207 / ASTM C 131	
	PROYECTO:	Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera Bazán.	
CALICATA:	-	ESTRATO:	-
UBICACIÓN:	Cantera Bazán		TIPO DE MATERIAL:
FECHA DE MUESTREO:	14.09.17	RESPONSABLE:	Sally Benel Cerna
FECHA DE ENSAYO:	15.09.17	REVISADO POR:	

Material a ensayar		
malla	Abertura (mm)	Peso (g)
1"	25.0	1250 ± 25
3/4"	19.0	1250 ± 25
1/2"	12.7	1250 ± 25
3/8"	9.5	1250 ± 25
Total		5000

N° de esferas	12
N° de revoluciones	500
Tiempo	15'

Material retenido en tamiz N° 12	
Peso (g)	3261.3
Porcentaje de desgaste	34.77%



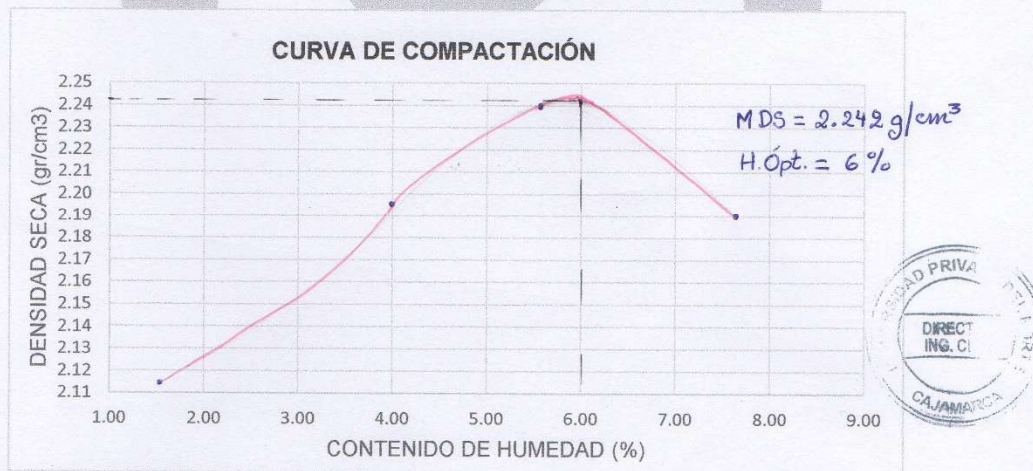
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Sally Benel Cerna	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 15.09.17	FECHA: 27.11.17	FECHA: 27.11.17

ANEXO N° 5. Ensayo de compactación Proctor.

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:	
PROYECTO:	Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera 'Bazán'		
CALICATA:	-	ESTRATO:	-
TIPO DE MATERIAL:			
UBICACIÓN:	Cantera Bazán	COLOR DE MATERIAL:	
FECHA DE MUESTREO:	14.09.17	RESPONSABLE:	Sally Benel Cerna
FECHA DE ENSAYO:	20.09.17	REVISADO POR:	


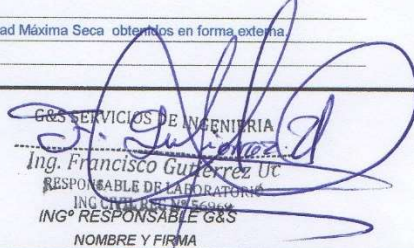
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	1110	11400	11575	11560	11575	11560	11575	11560
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4517	4807	4982	4967	4982	4967	4982	4967
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	2105	2105	2105	2105	2105	2105	2105	2105
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.146	2.284	2.367	2.360	2.367	2.360	2.367	2.360
G	Recipiente	N°	a b		a b		a b		a b	
H	Peso Recipiente	gr	27.2	27.3	27.4	27.0	27.8	26.8	26.8	26.6
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	224.2	204.0	172.2	207.4	243.6	231.3	253.3	264.0
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	220.6	202.1	167.1	199.9	232.2	220.2	237.2	247.0
K	Peso del Agua	gr	3.70	1.90	5.10	7.50	11.40	11.10	16.10	17.00
L	Peso Muestra seca	gr	193.3	174.8	139.7	172.9	204.4	193.4	210.4	220.4
M	Contenido de Humedad W%	%	1.91	1.09	3.65	4.34	5.58	5.74	7.65	7.71
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	1.50		3.99		5.66		7.68	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	2.114		2.196		2.240		2.191	



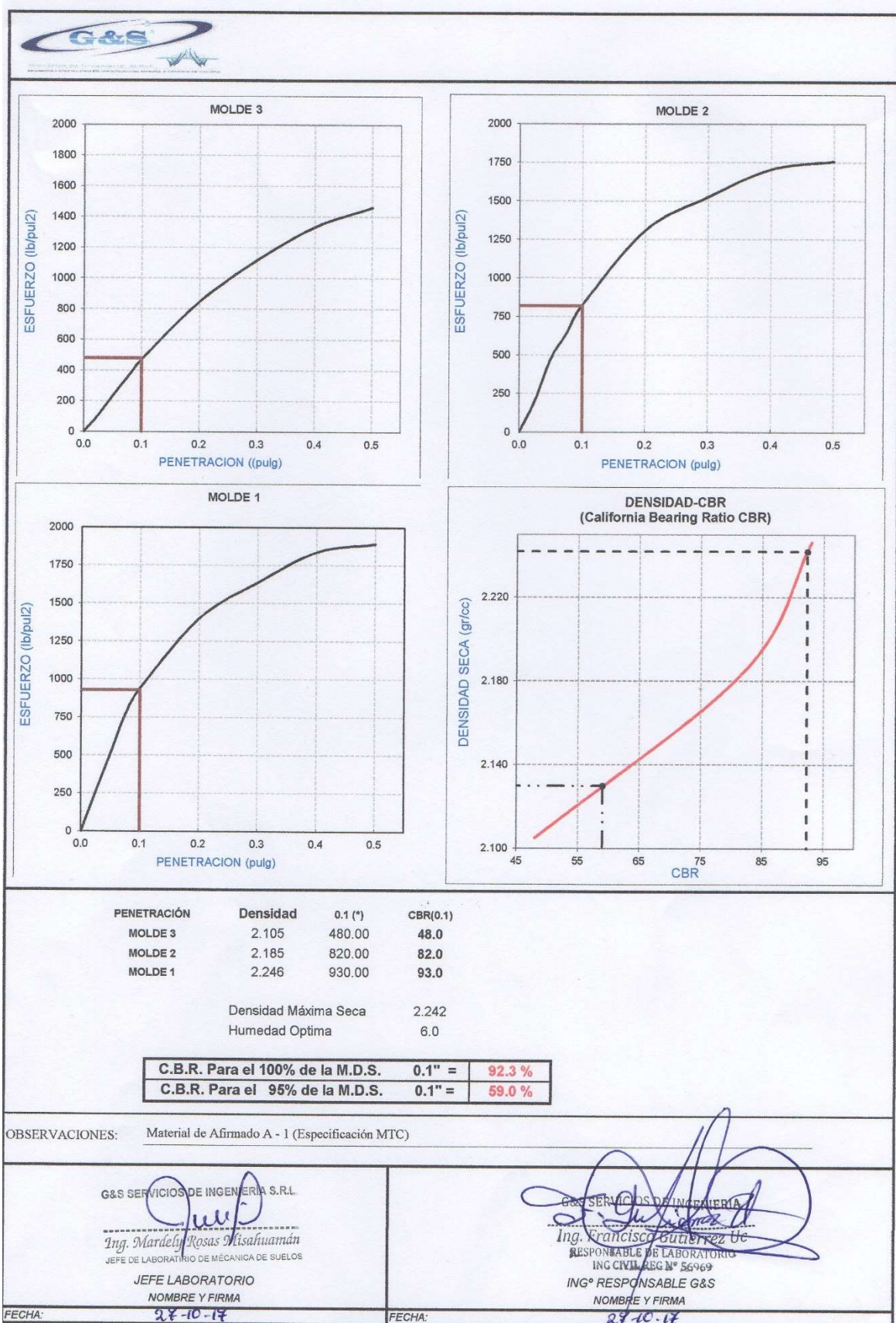
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Sally Benel Cerna	NOMBRE: Victor Luzco Minchin COORDINADOR LABORATORIO LE INGENIERÍA CIVIL	NOMBRE: Alejandro Cubes Becerra
FECHA: 20.09.17	FECHA:	FECHA: 27.11.17


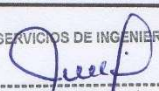
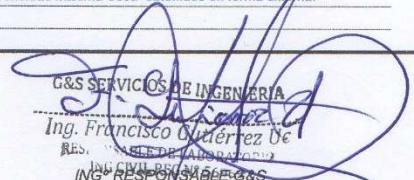
ANEXO N° 6. Ensayo de CBR de muestra no reforzada. Recolección de datos.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&S										
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						ASTM				
D1883										
PROYECTO : Influencia de la incorporación de Fibra de Yute en la resistencia mecánica del Material de Afirmado de la Cantera Bazán - Cajamarca, 2017										
DESCRIPCIÓN : Muestra 01 COD. MUEST.: G&S-LMS-EX017/2017										
SOLICITANTE : Est. Sally Benel Cerna										
COORDENADAS : E: _____ N: _____ C: _____										
FECHA ENSAYO: 27 / 10 / 2017										
COMPACTACION C B R										
MOLDE	3			2			1			
Altura Molde mm.	116			116			116			
N° Capas	5			5			5			
N°Golp x Capa	10			25			56			
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			
P. Húm.+ Molde	11574			11899			11905			
Peso Molde (gr)	6919			7001			6877			
Peso Húmedo (gr)	4655			4898			5028			
Vol. Molde (cc)	2120.42			2122.69			2120.89			
Densidad H.(gr/cc)	2.195			2.307			2.371			
Número de Tara	E-20			E-01			E-06			
P.Húmedo + Tara	470.5			372.4			593.2			
Peso Seco + Tara	454.6			356.7			568.6			
Peso Agua (gr)	15.9			15.7			24.6			
Peso Tara (gr)	84.2			77.7			124.4			
P. Muestra Seca	370.4			279.0			444.2			
Cont. Humedad	4.3%			5.6%			5.5%			
Cont.Hum.Prom.	4.3%			5.6%			5.5%			
DENSIDAD SECA	2.105			2.185			2.246			
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1									
48	2									
72	3									
96	4	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	150.0	7.64	108.43	284.1	14.47	205.36	361.4	18.40	261.22
1.27	0.050	324.5	16.53	234.60	660.0	33.61	477.09	710.0	36.16	513.24
1.91	0.075	488.6	24.89	353.22	890.0	45.33	643.35	1068.6	54.43	772.49
2.54	0.100	650.9	33.15	470.52	1143.2	58.22	826.37	1302.3	66.32	941.37
5.08	0.200	1172.7	59.73	847.73	1814.1	92.39	1311.35	1937.3	98.66	1400.40
7.62	0.300	1546.4	78.76	1117.82	2114.1	107.87	1528.21	2265.9	115.40	1637.96
10.16	0.400	1846.8	94.06	1335.01	2361.4	120.26	1706.96	2543.2	129.52	1838.39
12.70	0.500	2022.7	103.02	1462.17	2432.3	123.87	1758.22	2618.6	133.37	1892.93
OBSERVACIONES: Material de Afirmado A - 1 (Especificación MTC) Compactación y Moldeo a cargo de la solicitante, con datos de Humedad y Densidad Máxima Seca obtenidos en forma externa										
G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L.  Ing. Mardely Rosas Mabahumán JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS JEFE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA					G&S SERVICIOS DE INGENIERIA  Ing. Francisco Gutiérrez Uc RESPONSABLE DE LABORATORIO ING. CIVIL (UNIVERSIDAD DEL NORTE) ING° RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA					
FECHA: 27-10-17					FECHA: 27-10-17					

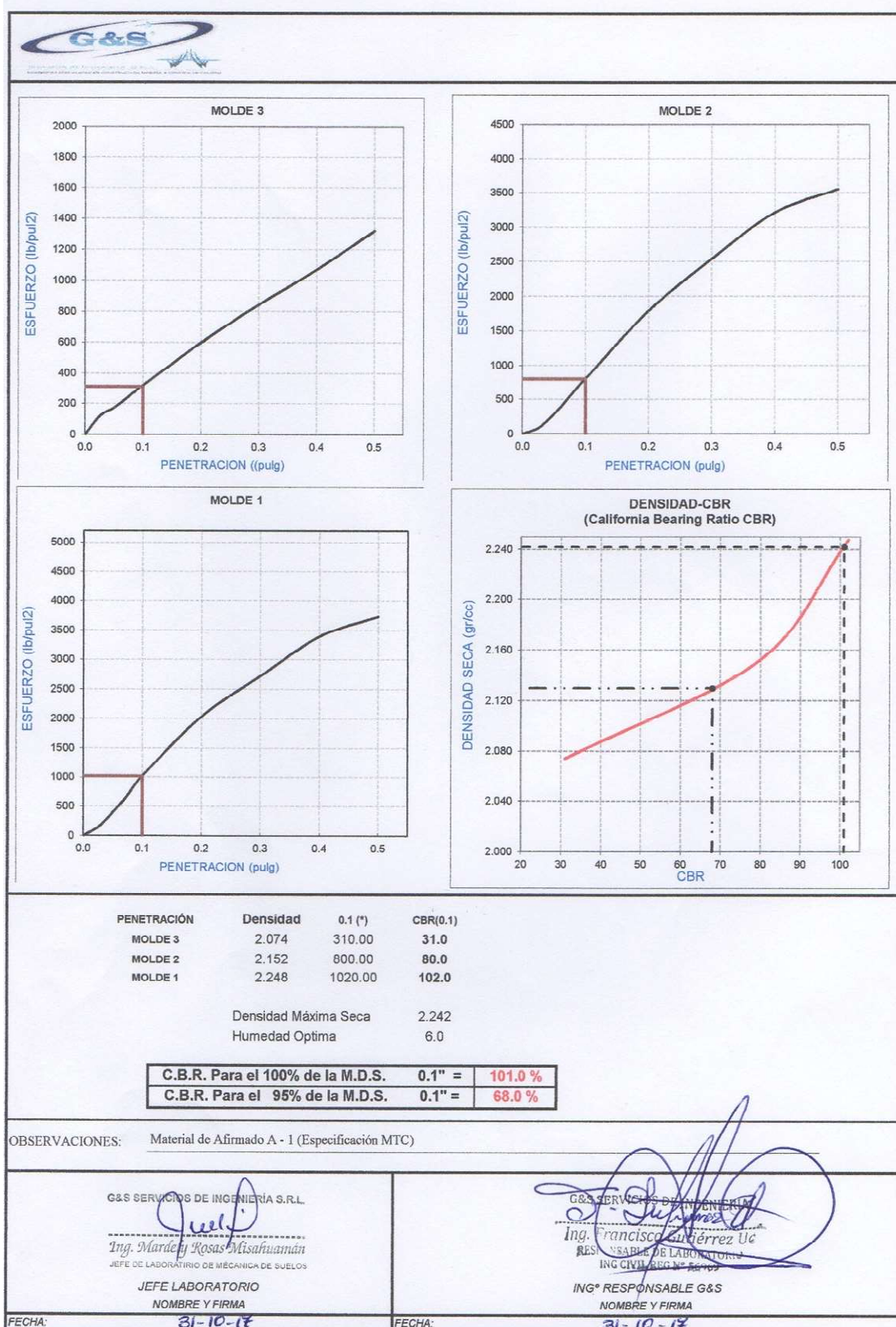
ANEXO N° 7. Ensayo de CBR de muestra no reforzada. Análisis de datos.



ANEXO N° 8. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 0.5%. Recolección
de datos.


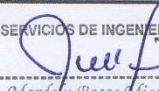

 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&S ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D1883										
PROYECTO : Influencia de la incorporación de Fibra de Yute en la resistencia mecánica del Material de Afirmado de la Cantera Bazán - Cajamarca, 2017										
DESCRIPCIÓN : Muestra 01 + 0.5 % Yute COD. MUEST.: G&S-LMS-EX017/2017										
SOLICITANTE : Est. Sally Benel Cerna										
COORDENADAS : E: _____ N: _____ C: _____										
FECHA ENSAYO: 31 / 10 / 2017										
COMPACTACION C B R										
MOLDE	3			2			1			
Altura Molde mm.	116			116			116			
N° Capas	5			5			5			
N°Golp x Capa	10			25			56			
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			
P. Húm. + Molde	11604			11848			11910			
Peso Molde (gr)	6919			7001			6877			
Peso Húmedo (gr)	4686			4847			5033			
Vol. Molde (cc)	2120.42			2122.69			2120.89			
Densidad H.(gr/cc)	2.210			2.284			2.373			
Número de Tara	E-01			E-09			E-21			
P.Húmedo + Tara	1068.5			1016.9			1059.3			
Peso Seco + Tara	1007.7			965.8			1007.3			
Peso Agua (gr)	60.8			51.1			52.0			
Peso Tara (gr)	77.7			128.0			73.8			
P. Muestra Seca	930.0			837.8			933.5			
Cont. Humedad	6.5%			6.1%			5.6%			
Cont.Hum.Prom.	6.5%			6.1%			5.6%			
DENSIDAD SECA	2.074			2.152			2.248			
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1									
48	2									
72	3									
96	4	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	163.6	8.33	118.29	111.8	5.69	80.83	202.7	10.32	146.55
1.27	0.050	240.0	12.22	173.49	391.8	19.96	283.23	550.9	28.06	398.24
1.91	0.075	340.5	17.34	246.10	749.1	38.15	541.50	953.6	48.57	689.36
2.54	0.100	443.2	22.57	320.36	1119.1	56.99	806.96	1414.5	72.04	1022.53
5.08	0.200	800.0	42.27	599.98	2461.8	126.40	1794.03	2822.7	143.76	2040.46
7.62	0.300	1169.1	59.54	845.10	3521.4	179.34	2545.49	3771.4	192.07	2726.21
10.16	0.400	1481.8	75.47	1071.16	4446.8	226.47	3214.47	4696.8	239.21	3395.19
12.70	0.500	1827.7	93.09	1321.21	4918.2	250.48	3555.21	5168.2	263.21	3735.92
OBSERVACIONES: Material de Afirmado A - 1 (Especificación MTC) Compactación y Moldeo a cargo de la solicitante, con datos de Humedad y Densidad Máxima Seca obtenidos en forma externa.										
G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L.  Ing. Marady Rosa Misahuamán JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS NOMBRE Y FIRMA					G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L.  Ing. Francisco Gutiérrez de RES. DE LABORATORIO ING. RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA					
FECHA: 31-10-17					FECHA: 31-10-17					

ANEXO N° 9. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 0.5%. Análisis de
datos.

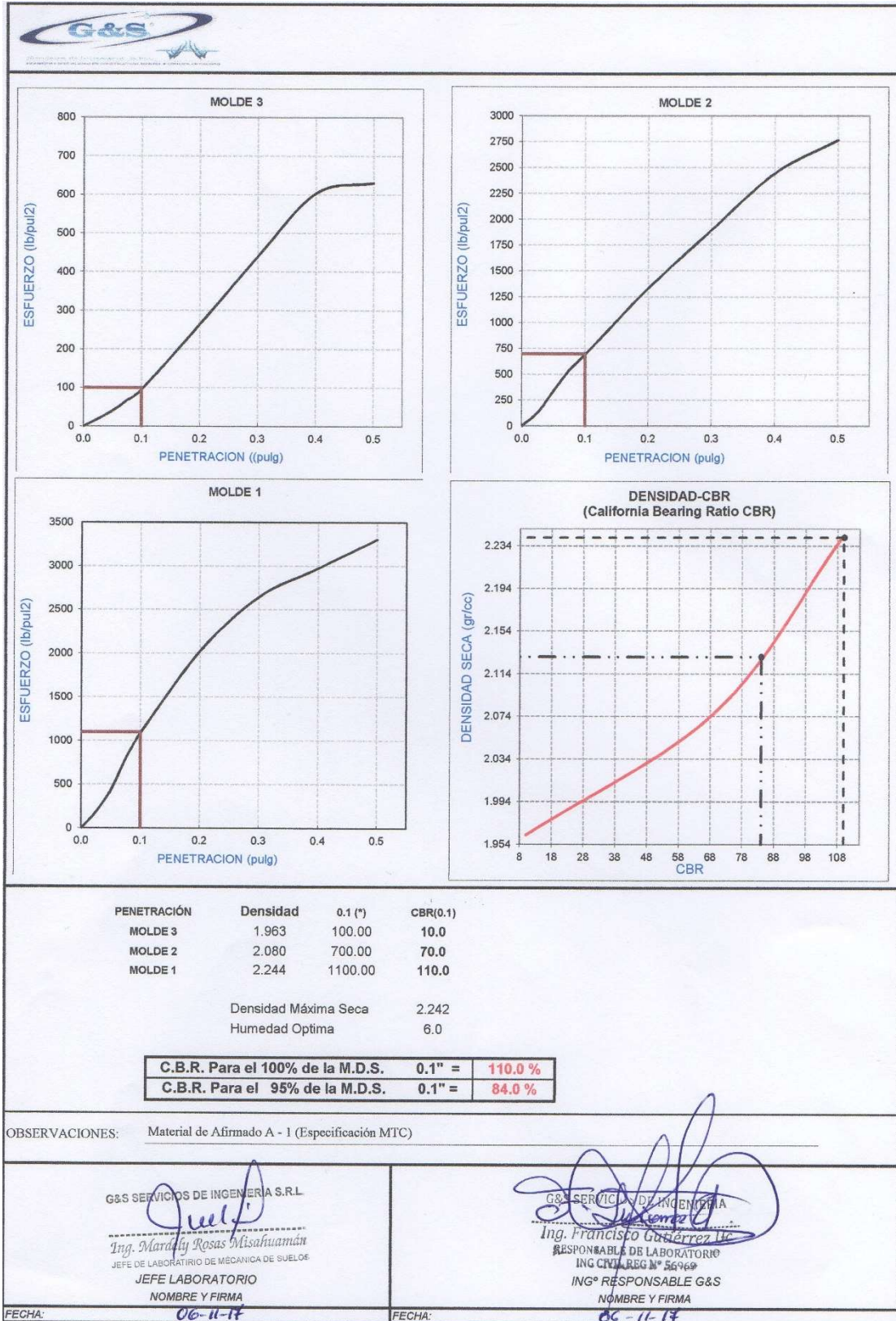


ANEXO N° 10. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 0.75%.



Recolección de datos.

 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&S ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D1883													
PROYECTO : Influencia de la incorporación de Fibra de Yute en la resistencia mecánica del Material de Afirmado de la Cantera Bazán - Cajamarca, 2017													
DESCRIPCIÓN : Muestra 01 + 0.75 % Yute COD. MUEST. : G&S-LMS-EX017/2017													
SOLICITANTE : Est. Sally Benel Cerna													
COORDENADAS : E: _____ N: _____ C: _____													
FECHA ENSAYO: 06 / 11 / 2017													
COMPACTACION C B R													
MOLDE	3			2			1						
Altura Molde mm.	116			116			116						
N° Capas	5			5			5						
N°Golp x Capa	10			25			56						
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR						
P. Húm.+ Molde	11310			11660			11925						
Peso Molde (gr)	6919			7001			6877						
Peso Húmedo (gr)	4392			4659			5047						
Vol. Molde (cc)	2120.42			2122.69			2120.89						
Densidad H.(gr/cc)	2.071			2.195			2.380						
Número de Tara	E-24			E-04			E-08						
P.Húmedo + Tara	983.7			1083.0			1263.3						
Peso Seco + Tara	938.8			1032.4			1198.5						
Peso Agua (gr)	44.9			50.6			64.8						
Peso Tara (gr)	124.3			119.7			124.5						
P. Muestra Seca	814.5			912.7			1074.0						
Cont. Humedad	5.5%			5.5%			6.0%						
Cont.Hum.Prom.	5.5%			5.5%			6.0%						
DENSIDAD SECA	1.963			2.080			2.244						
ENSAYO DE HINCHAMIENTO													
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE			
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1												
48	2												
72	3												
96	4	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
ENSAYO CARGA - PENETRACION													
PENETRACION		MOLDE N° 03				MOLDE N° 02				MOLDE N° 01			
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.54	0.025	27.3	1.39	19.71	177.3	9.03	128.15	255.5	13.01	184.66			
1.27	0.050	56.4	2.87	40.74	466.8	23.77	337.45	602.3	30.67	435.36			
1.91	0.075	93.2	4.75	67.36	748.2	38.10	540.84	1099.5	56.00	794.83			
2.54	0.100	131.4	6.69	94.96	958.6	48.82	692.97	1502.7	76.53	1086.28			
5.08	0.200	365.9	18.64	264.50									
7.62	0.300	608.6	31.00	439.96	2624.1	133.64	1896.88	3660.5	186.43	2646.03			
10.16	0.400	835.0	42.53	603.60	3383.6	172.33	2445.93	4115.0	209.58	2974.61			
12.70	0.500	873.2	44.47	631.20	3827.3	194.92	2766.62	4569.5	232.73	3303.19			
OBSERVACIONES: Material de Afirmado A - 1 (Especificación MTC) Compactación y Moldeo a cargo de la solicitante, con datos de Humedad y Densidad Máxima Seca obtenidos en forma externa.													
G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L.  Ing. Maribel Rosas Misahuamán JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS JEFE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA						G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L.  Ing. Francisco Cuervo RL- JEFE DE LABORATORIO ING° RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA							
FECHA: 06-11-17						FECHA: 06-11-17							

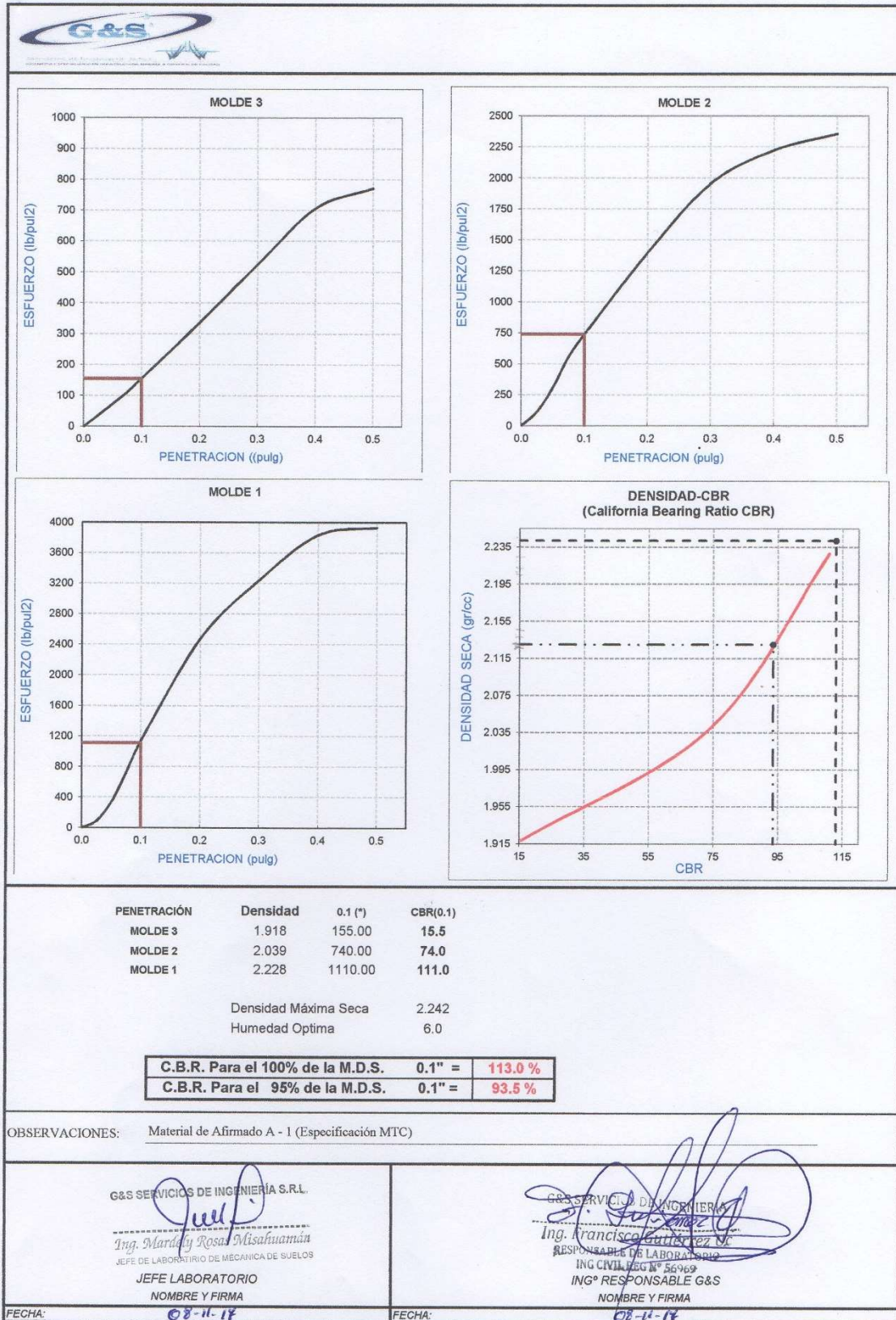
ANEXO N° 11. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 0.75%. Análisis
de datos.



ANEXO N° 12. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 1.0%. Recolección
de datos.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&S											
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						ASTM					
D1883											
PROYECTO : Influencia de la incorporación de Fibra de Yute en la resistencia mecánica del Material de Afirmado de la Cantera Bazán - Cajamarca, 2017											
DESCRIPCIÓN : Muestra 01 + 1.0 % Yute COD. MUEST.: G&S-LMS-EX017/2017											
SOLICITANTE : Est. Sally Benel Cerna											
COORDENADAS : E: _____ N: _____ C: _____											
FECHA ENSAYO: 08 / 11 / 2017											
COMPACTACION C B R											
MOLDE	3			2			1				
Altura Molde mm.	116			116			116				
N° Capas	5			5			5				
N° Golp x Capa	10			25			56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR				
P. Húm.+ Molde	11242			11589			11881				
Peso Molde (gr)	6919			7001			6877				
Peso Húmedo (gr)	4323			4588			5004				
Vol. Molde (cc)	2120.42			2122.69			2120.89				
Densidad H.(gr/cc)	2.039			2.161			2.359				
Número de Tara	E-08			E-24			E-15				
P.Húmedo + Tara	1056.5			1170.3			1110.5				
Peso Seco + Tara	1001.5			1111.3			1055.6				
Peso Agua (gr)	55.0			59.0			54.9				
Peso Tara (gr)	124.5			124.3			123.4				
P. Muestra Seca	877.0			987.0			932.2				
Cont. Humedad	6.3%			6.0%			5.9%				
Cont.Hum.Prom.	6.3%			6.0%			5.9%				
DENSIDAD SECA	1.918			2.039			2.228				
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO	NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE		
	(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm) (%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm) (%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm) (%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm) (%)	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	
24	1										
48	2										
72	3										
96	4	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	
ENSAYO CARGA - PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01			
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2	
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
0.64	0.025	49.5	2.52	35.81	155.9	7.94	112.70	124.1	6.32	89.70	
1.27	0.050	101.4	5.16	73.27	425.5	21.67	307.55	465.0	23.68	336.13	
1.91	0.075	154.1	7.85	111.39	774.1	39.42	559.57	1002.7	51.07	724.84	
2.54	0.100	214.5	10.93	155.09	1023.6	52.13	739.96	1572.7	80.10	1136.88	
5.08	0.200	465.5	23.71	336.46	1934.5	98.53	1398.42	3420.9	174.23	2472.87	
7.62	0.300	725.5	36.95	524.41	2707.7	137.90	1957.33	4488.2	228.58	3244.37	
10.16	0.400	978.2	49.82	707.10	3078.2	156.77	2225.13	5306.4	270.25	3835.81	
12.70	0.500	1068.6	54.43	772.49	3260.0	166.03	2356.56	5442.7	277.20	3934.38	
OBSERVACIONES: Material de Afirmado A - 1 (Especificación MTC) Compactación y Moldeo a cargo de la solicitante, con datos de Humedad y Densidad Máxima Seca obtenidos en forma externa.											
G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L.  Ing. Mardely Rosa Misakumán JEFE LABORATORIO DE SUELOS NOMBRE Y FIRMA					G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L.  Ing. Francisco Gutiérrez RESPONSABLE DE LABORATORIO ING. RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA						
FECHA: 08-11-17					FECHA: 08-11-17						

ANEXO N° 13. Ensayo de CBR de muestra reforzada con fibra de yute al 1.0%. Análisis de
datos.



ANEXO N° 14. Realización de ensayos junto al asesor.



Fecha: 14/09/2017

Lugar: Laboratorio de suelos UPNC

ANEXO 15. Material de afirmado y fibra de yute para el reforzamiento antes de ser mezcladas.



Fecha: 08/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 16. Fibra de yute incorporada al material de afirmado y humedecida a su porcentaje óptimo.



Fecha: 08/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 17. Compactación de material para el ensayo CBR.



Fecha: 08/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 18. Equipo de ensayo CBR, equipo de carga donde se observa el cabezal movable
con el pistón de penetración y el dial de deformación



Fecha: 08/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 19. Equipo de ensayo CBR, dispositivo que indica la carga.



Fecha: 08/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 20. Especímenes ensayados, en los que se observa la huella dejada por el pistón de penetración.



Fecha: 12/11/2017

Lugar: Laboratorio de suelos G&S

ANEXO 21. Ubicación política y geográfica de la cantera 'Bazán'.



Fuente: Google Earth, 2017.

Ubicación política		Ubicación geográfica	
País:	Perú	Coordenadas UTM:	773415 m E
Departamento:	Cajamarca		9210536 m N
Provincia:	Cajamarca		2759 m.s.n.m.
Distrito:	Cajamarca	Coordenadas geográficas:	
		Latitud	-7.135518°
		Longitud	-78.524589°