



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Comportamiento del suelo de la cantera Roaya utilizando el aditivo CON-AID, para carreteras con superficies de afirmado – La Libertad”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Acosta Peña, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-2798-9221)

Irigoin Cubas, Alex Rossi (ORCID: 0000-0002-1827-5438)

ASESOR:

Mg. Horna Araujo Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Yo, Acosta Peña Jorge Luis, dedico este trabajo primeramente a Dios por darme la vida, a mis padres por el apoyo incondicional que siempre me dan y que están ahí siempre para apoyarme y guiarme para ser una persona de bien, a mis hermanos por el apoyo que siempre me brindan.

Yo, Irigoin Cubas Alex Rossi, dedico primordialmente a Dios por darme la vida, a mis padres por el apoyo que me brindan incondicionalmente, que siempre están ahí para apoyarme, por sus consejos de educación y buenos modales y por guiarme para ser una persona de bien, a mis hermanos por el apoyo que siempre me brindan.

AGRADECIMIENTO

Yo, Acosta Peña Jorge Luis, agradezco en primer lugar a todos los profesores que me han compartido sus conocimientos profesionales durante toda mi carrera; a mi asesor de tesis Ing. Horna Araujo Luis Alberto, por apoyarme de manera especializada en la elaboración de la misma; finalmente, a mi compañero de tesis, por ser una persona responsable y ayudarme con la elaboración de la tesis demostrando un trabajo en equipo.

Yo, Irigoin Cubas Alex Rossi, agradezco a todos los profesores que me han compartido sus conocimientos profesionales durante toda mi carrera; a mi asesor de tesis Ing. Horna Araujo Luis Alberto, por apoyarme de manera especializada en la elaboración de la misma; finalmente, a mi compañero de tesis, por ser una persona responsable y ayudarme con la elaboración de la tesis, demostrando así un trabajo en equipo.

PAGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN JURADA

Nosotros, Acosta Peña Jorge Luis e Irigoín Cubas Alex Rossi, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 76628794 y 71577160; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 12 de agosto del 2020



DNI: 76628794



DNI: 71577160

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	iv
ÍNDICE	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	21
2.1. Diseño de investigación	21
2.2. Operacionalización de Variables.....	22
2.3. Población y muestra	24
2.3.1. Población.....	24
2.3.2. Muestra.....	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	24
2.4.1. Técnicas.....	24
2.4.2. Instrumentos	24
2.5. Procedimiento	24
2.6. Método de análisis de datos	25
III. RESULTADOS.....	26
3.1. Estudio de suelos.....	26
3.1.1. Ubicación del área de estudio.....	26
3.1.2. Objetivo de estudio.....	26
3.1.3. Alcance de estudio de suelos.....	27
3.1.4. Exploración	27
3.1.5. Descripción de la cantera	27
3.1.6. Cantidad de muestras	27
3.1.7. Tipos de ensayos a ejecutar.....	27
3.1.8. Resultado de estudio de material sin aditivo	28
3.1.9. Resultado de estudio del material con aditivo.....	34
3.1.10. Porcentaje optimo del aditivo CON-AID	41
3.1.11. Costo de colocación por m3 del material de afirmado sin aditivo y con aditivo.	45
3.1.12. Análisis estadístico de resultados	50
IV. DISCUSIÓN.....	52
V. CONCLUSIONES.....	54

VI. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Gradación del material de afirmado.....	6
Cuadro 2: Requerimientos granulares	7
Cuadro 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)	8
Cuadro 4: Clasificación de suelos – Método AASHTO.....	9
Cuadro 5: Cantidad de muestra para contenidos de humedad.	12
Cuadro 6: Operacionalización de variables.....	22
Cuadro 7: Resultados de clasificación y descripción de la muestra.....	28
Cuadro 8: Resultado del límite líquido.....	29
Cuadro 9: Resultado del límite Plástico.....	29
Cuadro 10: Resultado del contenido de humedad del material.....	30
Cuadro 11: Resultados de Proctor sin aditivo.....	30
Cuadro 12: Resultados generales de CBR sin aditivo.....	31
Cuadro 13: Resultados de desgaste los ángeles.....	31
Cuadro 14: Resultados de cohesión y ángulo de fricción.....	32
Cuadro 15: Resultados de clasificación y descripción de la muestra.....	32
Cuadro 16: Resultado del límite líquido y límite plástico.....	33
Cuadro 17: Resultado del contenido de humedad del material.....	33
Cuadro 18: Resultados de Proctor Modificado.....	33
Cuadro 19: Resultados generales de CBR	34
Cuadro 20: Resultados de Abrasión los ángeles.....	34
Cuadro 21: Resultados Proctor Modificado adicionándolo el 1% del aditivo CON-AID..	34
Cuadro 22: Resultados generales de CBR con el 1% del aditivo CON-AID.....	35
Cuadro 23: Resultados de cohesión con el 1% del aditivo CON-AID.....	35
Cuadro 24: Proctor Modificado adicionándolo el 2% del aditivo CON-AID.....	35
Cuadro 25: Resultados generales de CBR con el 2% del aditivo CON-AID.....	36

Cuadro 26: Resultados de cohesión con el 2% del aditivo CON-AID.....	36
Cuadro 27: Proctor Modificado adicionándolo el 3% del aditivo CON-AID.....	36
Cuadro 28: Resultados generales de CBR con el 3% del aditivo CON-AID.....	37
Cuadro 29: Resultados de cohesión con el 3% del aditivo CON-AID.....	37
Cuadro 30: Proctor Modificado adicionándolo el 1% del aditivo CON-AID.....	37
Cuadro 31: Resultados generales de CBR con el 1% del aditivo CON-AID.....	38
Cuadro 32: Proctor Modificado adicionándolo el 2% del aditivo CON-AID.....	38
Cuadro 33: Resultados generales de CBR con el 2% del aditivo CON-AID.....	38
Cuadro 34: Proctor Modificado adicionándolo el 3% del aditivo CON-AID.....	39
Cuadro 35: Resultados generales de CBR con el 3% del aditivo CON-AID.....	39
Cuadro 36: Resumen de resultados sin aditivo y con aditivo CON-AID muestra 01	39
Cuadro 37: Resumen de resultados sin aditivo y con aditivo CON-AID muestra 02	40
Cuadro 38: porcentaje de aditivo CON-AID VS CBR al 100%.	41
Cuadro 39: porcentaje de aditivo CON-AID VS Máxima densidad seca.....	42
Cuadro 40: Porcentaje de aditivo CON-AID VS optimo contenido de humedad.....	42
Cuadro 41: Porcentaje de aditivo CON-AID VS cohesión del suelo.....	43
Cuadro 42: Porcentaje de aditivo CON-AID VS ángulo de fricción.....	44
Cuadro 43: Costo por partida de presupuesto sin aditivo.....	45
Cuadro 44: Presupuesto de colocación del material por metro cubico, sin aditivo.....	47
Cuadro 45: Costo por partida de presupuesto con aditivo CONAID.....	48
Cuadro 46: Presupuesto de colocación del material con aditivo CON-AID.....	50
Cuadro 47: análisis de varianza(ANOVA)	51
Cuadro 48: comparación múltiple según porcentaje de aditivo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aparato manual para límite líquido.....	10
Figura 2: Máquina (Abrasión Los Ángeles)	14
Figura 3: Pisón de compactación	15
Figura 4: Ubicación de la cantera Roaya.....	26
Figura 5: Gráfico del porcentaje de aditivo VS CBR al 100%.	41
Figura 6: Gráfico del porcentaje de aditivo VS máxima densidad seca.....	42
Figura 7: Gráfico del porcentaje de aditivo VS contenido de humedad.....	43
Figura 8: Gráfico del porcentaje de aditivo VS la cohesión del suelo.....	44
Figura 9: Grafico del Porcentaje de aditivo VS ángulo de fricción.....	44

RESUMEN

Esta investigación consistió en estudiar el comportamiento del suelo mediante el uso del aditivo CON-AID, buscando mejorar el material de afirmado la cantera Roaya. Así, cuando sea utilizado en la capa de rodadura resista ante los efectos del tránsito y cambios ambientales. Se hizo el estudio del efecto que da el aditivo CON-AID en el suelo y para ello se realizaron ensayos de resistencia, estabilidad y compactación, donde los materiales usados fueron el material de cantera y el aditivo CON-AID, los cuales se realizaron diferentes tipos de ensayos en el laboratorio requeridos por el ASTM Y MTC 2014, cumpliendo con los requerimientos para ser usado como material de afirmado. Los porcentajes que se usó del aditivo fueron 1% 2% y 3%, donde éste se evaluó en dos muestras y se obtuvieron resultados muy similares entre ellas: los ensayos que se realizaron fueron los límites de consistencia, lo cual resultó ser un suelo no cohesivo; también se realizaron los ensayos de proctor modificado, CBR , desgaste de los ángeles y corte directo, donde utilizando las proporciones (1%, 2%, 3%) del aditivo CON-AID el valor de CBR incrementó a 61.07%, 66.35%, 82.41% respecto al CBR sin aditivo lo cual fue 57.51%; además se determinó el costo total de la colocación por metro cúbico de afirmado sin y con aditivo, donde resultó sin aditivo un costo de 307.25 soles y con el uso de aditivo se obtuvo un costo de 1007.25 soles y con respecto al análisis estadístico los resultados no muestran mucha significancia.

Palabras clave: Aditivo CON-AID, resistencia de mezcla con aditivo y sin aditivo, estabilidad, capacidad de soporte y resistencia al corte.

ABSTRACT

This investigation consisted of studying the behavior of the soil through the use of the additive CON-AID, seeking to improve the material of affirmed the Roaya quarry. So when be used in the rolling layer resist the effects of traffic and changes environmental. The study of the affect given by the CON-AID additive in the soil was carried out and for this purpose resistance, stability and compaction tests were carried out, where the materials used were the quarry material and the CON-AID additive, which were carried out differently. types of tests in the laboratory required by ASTM and MTC 2104, complying with the requirements to be used as affirmation material The percentages that were used of the additive were 1% 2% and 3%, where it was evaluated in two samples and very similar results were obtained between them: the tests that were carried out were the consistency limits, which turned out to be a non-soil cohesive; also the tests of modified proctor, CBR, angelic wear and direct cut were performed, where using the proportions (1%, 2%, 3%) of the CON-AID additive the CBR value increased to 61.07%, 66.35%, 82.41% with respect to the CBR without additive which was 57.51%; In addition, the total cost of placement per cubic meter of asserted without and with additive was determined, where a cost of 307.25 soles was without additive and with the use of additive a cost of 1007.25 soles was obtained and with respect to the statistical analysis the results were not They show a lot of significance.

Keywords: CON-AID additive, mixing resistance with additive and without additive, stability, support capacity and cut resistance.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de un país está dado a través de sus vías de comunicación que conectan los pueblos, revistiendo una enorme importancia internacional e nacional económicamente , social y cultural para ello se necesitan carreteras de calidad y de vida útil prolongada que soporten los problemas que presentan las carreteras, como es el deterioro en la superficie del afirmado que pueden presentar, estableciendo un mejor comportamiento del material de la cantera Roaya, incorporando el aditivo CON-AID, para ello se ha observado que la contaminación es uno principales problemas que se genera debido al efecto de la fricción entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de rodadura afirmada, lo cual separa el agregado fino, produciendo levantamiento de polvo afectando la salud de la población. Otro aspecto es que una superficie de rodadura en mal estado, acelera el deterioro de los vehículos que utilizan la vía, incrementando el costo de operación vehicular.

En nuestro país hay gran cantidad de canteras de diferentes tipos de materiales que funcionan de manera informal, en otras palabras, éstas son explotadas sin ningún permiso. Todo el material que extraen de dichas canteras se produce en el mundo de la construcción de diferentes tipos de obras civiles, lo cual no garantizan que sean aptas para dar un uso adecuado en dichas obras, porque no se ha hecho un estudio de suelos, ya que más adelante puede ocasionar problemas.

En la actualidad, la ejecución de obras de afirmado de carreteras en nuestro país, en su mayoría carece de un estudio de comportamiento del suelo de la cantera de donde se extrae dicho material, ya sea por el hecho de ahorrar tiempo en la evaluación del tipo de material, por no contar con medios tecnológicos o por desconocimientos de los ejecutores responsables y al momento de colocar el material en la capa de rodadura, lo hacen sin haber realizado un estudio técnico al material de la cantera a utilizar para el diseño de afirmado.

La cantera Roaya, hoy en día, se está explotando de manera desordenada, lo cual no cumplen con los requisitos que manda la norma técnica al explotar una cantera, por lo tanto, no puede ser aprobado para el uso adecuado de dicha cantera para que se pueda realizar un estudio; es por eso que las personas encargadas de realizar un estudio para

cualquier proyecto de afirmado de carreteras a ejecutar, lo realizan de manera inadecuada o incompleta. Los pobladores de alrededor sienten molestias porque manifiestan que se genera contaminación para el caserío, lo cual sabemos que es un peligro para el medio ambiente. También se ve que el material de afirmado no está en las mejores condiciones por el mal uso que le dan a la cantera, para encontrar buen material tenemos que excavar una cierta profundidad.

Las carreteras en el sector de la construcción de la ciudad presentan deficiencias en sus afirmados es muy notorio al observar que, al ser realizadas para un determinado periodo de vida, al menor tiempo ya presentan daños en su estructura afectando al tránsito y a la población; para ello, el gobierno debería ejecutar mejoramientos de esas carreteras, por ende, mejorar el afirmado mediante el uso de aditivos reducirá de manera significativa estos problemas que se presentan a diario.

Por lo tanto, para su colocación de la capa de afirmado en diferentes carreteras es de suma importancia realizar primero un estudio de fuente de extracción como son las canteras de donde se obtendrá el material, para ello se utilizarán diferentes métodos y ensayos que la norma técnica requiere para dicho material, dando uso al aditivo CON-AID para ver la reacción que ocasiona y poder mejorar la capacidad del soporte de CBR y así el afirmado de las carreteras tengan una vida útil duradera y no sea deteriorada fácilmente, para el bienestar de las personas del lugar.

Esta problemática ha sido analizada en estudios anteriores, en diversos países, lo que constituyen antecedentes al tratamiento de la problemática descrita anteriormente, habiéndose encontrado los trabajos a nivel internacional que se comentan a continuación:

Para, Gómez, Guillin, y Gallardo (2016), revista sobre: “Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante”, concluyen que: La descripción y características físicas del suelo seleccionado en su estado natural se identificó como un suelo arcilloso limoso con arenas de color marrón naranja con alta plasticidad y según S.U.C.S como MH, lo cual contiene baja densidad en función a la alta porosidad que este presenta. El índice de resistencia (CBR), respecto al suelo en su estado natural presenta un valor bajo de CBR 7% y todo lo contrario sucedió con las mezclas suelo-cementante donde el valor obtenido de CBR hasta 45.3% con una dosificación de 6% de cal y 99.4% para 16% de adición de cemento.

Por otra parte, Frezza (2015), artículo sobre: “Estabilización de suelo de arena aditiva Con-aid® Cbr-Plus®”, como objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo de bajo contenido de arcillas y limo clase A4 para ser usado como base, las pruebas que se desarrollaron se concluyó que: el suelo con adición de aditivo este causó una estabilización química, con una reducción e incremento en ISC y según lo establecido como especificaciones de la DNIT, se puede utilizar en carreteras a nivel de subbase.

Asimismo, Altamirano y Díaz (2015), en su investigación: “Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas”, realizaron estudios a las propiedades del material con una dosificación de 9% de cal llegando a obtener mejores resultados en las propiedades físicas del material reduciendo el límite líquido a 44% con adición y 54% sin adición de cal, el índice plástico del material redujo a 9% con adición y 26% sin estabilizante y el resultado de CBR incremento en 57.20% con adición y 16.28% sin adición del estabilizador de cal.

Así también, se detallan investigaciones a nivel nacional que se explica a continuación: Para, Nesterenko (2017), artículo sobre: “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”, en el presente artículo se propone un procedimiento para la estabilización del suelo utilizando polímeros conforme al contexto peruano y encontrando parámetros estructurales que correspondan a muestras de suelos provenientes de obras viales peruanas. Concluye que: el estabilizante no tradicional, el polímero poliacrilamida-PAM, se puede tomar como una alternativa de solución en los caminos con poca capacidad portante $CBR < 30\%$, debido a los resultados obtenidos del aumento del CBR incorporando el PAM en las muestras ensayadas con relación a las muestras no estudiadas, demostrando incrementos hasta 70% en promedio al 95% MDD e incrementos de 58% en promedio al 100% MDD indicando su mejor resultado para muestras con $IP \geq 9$, que implica una crecida en la capacidad portante.

Además, Sangama y Morales (2018), en su investigación: “Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo CON-AID Súper en la carretera departamental tramo: Emp. SM - 100 – alto Roque – Buena Vista, km. 6+000 al km 6+800. Distrito de San Martín de Alao – Provincia del Dorado – San Martín”, analizaron el material mediante ensayos donde concluyen que: los estudios realizados a las características del extracto extraído, éstos resultados obtenido muestran mejoras en mayor parte de las propiedades del suelo, resultando una máxima densidad y óptimo contenido de humedad. Así también se obtuvo

resultados del valor de CBR en porcentajes de 42% con adición de aditivo de 1.5% y con respecto al material sin aditivo se determinó un CBR de 5.90% y los resultados encontrados tienen mayor credibilidad, al coincidir con los requerimientos presentados por el MTC 2013.

Por otro lado, Núñez (2015), en su investigación: “Análisis de la Estabilización del Material de Cantera km 02 + 700 de la Ruta CU – 123 San Jerónimo Mayumbanba, con la Adición de Estabilizante Iónico”, llegó a la conclusión que: el estabilizante Iónico utilizado en el estudio del material este ha superado el 100% de valor del CBR con respecto a la muestra patrón sin aditivo, este incremento de la propiedad mecánica fue posible porque el material analizado de la cantera contenía material granular. También se estabilizó el material de contenido fino extraído de cantera con el ionizante, resultando que el aditivo reduce la humedad del fino al no permitir que este adsorba mayor agua para así disminuir su estabilidad.

También, se presentan investigaciones a Nivel Local que se explica a continuación: Para, Bada (2016), en su investigación: “Aplicación del aditivo químico CON-AID para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca-Bambas (km73+514-km123+535) de la Ruta Nacional PE- 3NA”, obtiene como conclusión: al tratar con el aditivo, obtuvo una mejora en su resultado de CBR del material, según los estudios que se realizaron, las pruebas obtenidas fueron en un porcentaje hasta 200% en las probetas que estuvieron en mayor tiempo de concentración, de un tiempo no mayor a 72 horas, con respecto al material sin aditivo. También se logró obtener resultados favorables al reducir el hinchamiento hasta un porcentaje de 50% con respecto al material que no se añadió el aditivo químico y las pruebas que se obtuvieron fueron comparadas con la norma del MTC donde coinciden los mismos resultados especificados.

Asimismo, Carranza y Fernández (2018), en su investigación: “Aplicación de los aditivos Proes y CON-AID para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, la libertad-2018”, a través de sus ensayos realizado determinaron que: la clasificación del suelo que realizaron, según el método (SUCS), es de limo-arcilloso con baja plasticidad y con la clasificación (AASHTO) se encuentra en el grupo de (A-4, A-5, A-6 y A-7-6). Por otro lado, también se obtuvo un valor de CBR con adición de aditivos Proes y CON-AID, resultando 70% y 58%, lo cual ambos

estabilizadores dan resultados que mejoran la subrasante de mala calidad a otra subrasante en mejores condiciones (excelente).

Por último, Castillo (2018), en su investigación: "Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018", realizaron estudio de mecánica de suelo para analizar las características físicas y mecánicas, obteniendo como resultado más favorable de proctor modificado con una densidad seca de 1.720 gr/cm³, a través de una óptima húmeda de 16% y el resultado determinado de CBR incremento más del 100% con una adición de 0.27 L/m³ de aditivo Proes y 45 kg/m³ de cemento Portland respecto al suelo en su estado natural.

Las investigaciones presentadas anteriormente, en las que se considera el uso del aditivo CON-AID y otros estabilizadores que es aplicado al material de cantera para afirmado, se fundamentan en aspectos teóricos, tales como los que se describen a continuación:

Las fuentes de donde se extrae los materiales es de suma importancia evaluar la calidad de los materiales extraídos para un determinado uso, principalmente como mejoramiento de suelos, afirmado, terraplenes, sub-base, base granular, agregado para relleno, agregado para mezclas asfáltica y agregado para mezclas de concreto, también los materiales que no son aptos para su finalidad de obra que se empleará, con mayor razón se pretende determinar sus características del material al ser evaluadas por su cantidad y calidad, la prospección de extracción del material para su evaluación será a través de sondeos, trincheras o calicatas, así obteniendo muestras necesarias. (MTC, 2014).

El afirmado, es un material extraído de canteras con la finalidad de aprovechar sus propiedades que estos pueden aportar para una determinada construcción de obras civiles, este afirmado debe tener una buena graduación de materiales para formar un afirmado de calidad y de vida útil prolongada, para eso se debe realizar una buena mezcla de material. Está compuesto de arena que tiene como función llenar los espacios que pueden quedar entre las piedras y a su vez dándole una mejor estabilidad a la estructura del afirmado; la piedra, su función principal es soportar cargas puntuales ya que ésta tiene rugosidad y una mayor resistencia, arcillas y limos se utilizan en porcentajes no muy altos para que ayude a tener una buena cohesión entre los materiales para la capa de afirmado. (MTC, 2014).

Las características que presenta el material de afirmado se determinara a través de ensayos, el porcentaje de material de tamaño menor al tamiz numero 200 incide en la compactación y a la resistencia que presente, se considera limitaciones de contenidos menores y máximos de contenido finos con el objetivo de optar mejores resultados. El tamaño máximo de preferido y aceptable presenta de 19 mm hasta 25 mm, el porcentaje de partículas fracturadas que presente el material no excederá a 75%. (Orobio, 2011).

Además, las características físicas y mecánicas que el material de afirmado deberá cumplir para un determinado proceso constructivo para eso se realizan los siguientes ensayos de características físicas: granulometría, limite líquido, limite plástico, contenido de humedad, clasificación de suelos, clasificación de suelos y característica mecánica de: degaste de los Ángeles, Proctor modificado y valor relativo de CBR. (Balboa, 2019, p.16).

Lo cual el resultado de estos ensayos deberá cumplir con los requerimientos de calidad que se establece en la norma, para dar cumplimiento como un material de afirmado, (ver cuadro 1). (MTC, 2014):

Cuadro 1: Gradación del material de afirmado.

Porcentaje que pasa del tamiz	Gradación C	Gradación D	Gradación E	Gradación F
50mm(2")	-	-	-	-
37.5mm(1 ½")	-	-	-	-
25mm (1")	100	100	100	100
19mm(¾")	-	-	-	-
12.5mm (1/2")	-	-	-	-
9.5mm(3/8")	50-85	60-100	-	-
4.75mm (N°4)	35-65	50-85	55-100	70-100
2.36mm(N°8)				
2.00mm(N°10)	25-50	40-70	40-100	55-100
4.25um(N°40)	15-30	25-45	20-50	30-70
75um(N°200)	5-15	5-20	6-20	8-25
Índice de plasticidad	4-9	4-9	4-9	4-9
Limite liquido	Max.35%	Max.35%	Max.35%	Max.35%
Desgaste los ángeles	Max.50%	Max.50%	Max.50%	Max.50%
CBR al 100%	Min.40%	Min.40%	Min.40%	Min.40%

Fuente: (MTC, 2014).

La granulometría, forma parte del estudio de las características físicas y tiene como objetivo principal, determinar la distribución de las diferentes dimensiones del suelo y medir el porcentaje de material que pasa y retiene en cada número de tamiz, para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pesada a través de los tamices, donde el ultimo tamiz de medición es el N° 200 lo cual se mide el porcentaje de limos que pasa, teniendo en cuenta los requerimientos de gradación (ver cuadro 2). (MTC, E 107, 2016).

Cuadro 2: Requerimientos granulares.

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50mm 2"	100	-	-	-	-	-
37.5mm 1½"	100	-	-	-	-	-
25mm 1"	90-100	100	100	100	100	100
19mm ¾"	65-100	80-100	-	-	-	-
9.5mm 3/8"	45-85	65-100	50-85	60-100	-	-
4.75mm N°4	30-65	50-85	35-65	50- 85	55-100	70-100
2.0mm N°10	22-52	33-67	25-50	40- 70	40-100	55-100
425um N°40	15-35	20-45	15-30	25- 45	20- 50	30- 70
75um N°200	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: (MTC, 2013).

Para determinar los resultados de ensayo de granulometría se deberá calcular los porcentajes que estos entran por los tamices normalizados. Se presenta la ecuación para encontrar el porcentaje retenido en cada tamiz, según el manual de ensayos. (ver ecuación 1). (MTC, E 107, 2016).

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} * 100 \dots \dots \dots (ec. 1)$$

Clasificación de suelos (S.U.C.S), es un ensayo que divide los suelos en: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. Los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que pasan por el tamiz, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo

son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en ingles de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en suelos gruesos y suelos finos, por ende, la clasificación se realiza según el cuadro siguiente: (ver cuadro 3). (ASTM D-2487, 2017).

Cuadro 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Divisiones mayores			Símbolos del grupo	Nombre del grupo
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200 (0.75 mm)	grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75 mm)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien graduada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobremente graduada
		grava con más de 12% de finos pasante del tamiz n°200	GM	Grava limosa
			GC	Grava arcillosa
	arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien graduada, arena fina a gruesa
			SP	Arena pobremente gruesa
		Arena con más de 12% de finos pasante del tamiz n°200	SM	Arena limosa
			SC	arena arcillosa
Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz n°200	Limos y arcillas limite liquido < 50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
	Limos y arcillas limite liquido ≥ 50	Orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica
			Inorgánico	MH

Fuente: (ASTM D-2487, 2017).

Clasificación de suelos American Association of State Highway Officials (AASHTO), es uno de los sistemas más usados en la construcción de carreteras, de acuerdo con este sistema se realiza la clasificación de suelos en grupos, el primer grupo está formado por suelos granulares y el otro grupo está constituido por suelos finos. Los grupos están designados por símbolos que van del A-1 al A-8; donde los suelos inorgánicos se clasifican en los siete primeros grupos que van del A-1 al A-7, y estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. A su vez los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8, (ver cuadro 4). (ASTM D-3282, 2015).

Cuadro 4: Clasificación de suelos – Método AASHTO

Clasificación General	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz 0.08 mm							Suelos finos más del 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Simbolo												
Análisis Granulométrico % que pasa por el tamiz												
N° 10	Max.50											
N° 40	Max.30		Max.50									
N° 200	Max.15	Max.25	Max.10	Max.35	Max.35	Max.35	Max.35	Min.35	Min.35	Min.35	Min.35	Min.35
Limites de Atterberg												
Limite de liquido	Max.6	Max.6		Max.40	Min.40	Max.40	Min.40	Min.40	Min.40	Min.40	Min.40	Min.40
Indice de Plasticidad				Max.10	Max.10	Min.10	Min.10	Max.10	Max.10	Min.10	IP>LL-30	IP<LL-30
Indice de grupo	0	0	0	0	0	Max.4	Max.4	Max.8	Max.12		Maxi.20	Maxi.20
Tipo de material	piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arenas limosas y arcillas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: (ASTM D-3282, 2015).

El análisis de estudio del límite líquido malla N° 40, este ensayo es realizado para obtener el porcentaje de humedad que contienen los suelos en su estado natural, estando entre estado líquido y plástico del suelo. Para este ensayo se utiliza como equipo de nombre “Copa de Casagrande” (ver figura 1); la muestra se añade agua destilada y se amasa la muestra con ayuda de una espátula hasta alcanzar un grado de humedad próximo al de su límite líquido por debajo de este para lograr una buena homogeneidad, se dejará reposar mediante dos horas protegida de la desecación. Con la cuchara de Casagrande en la mano y con ayuda de una espátula se compacta en su interior una porción de suelo preparado formado una superficie lisa de 10 mm de espesor como máximo, se hace un separador de dos partes iguales de la pasta de suelo; luego se cierra en su fondo a una distancia de 13 mm equivalente a 1/2", dejando caer la copa de acuerdo a los golpes, hasta 25 veces a una altura de 1 cm cada dos segundos. (MTC E110, 2016).

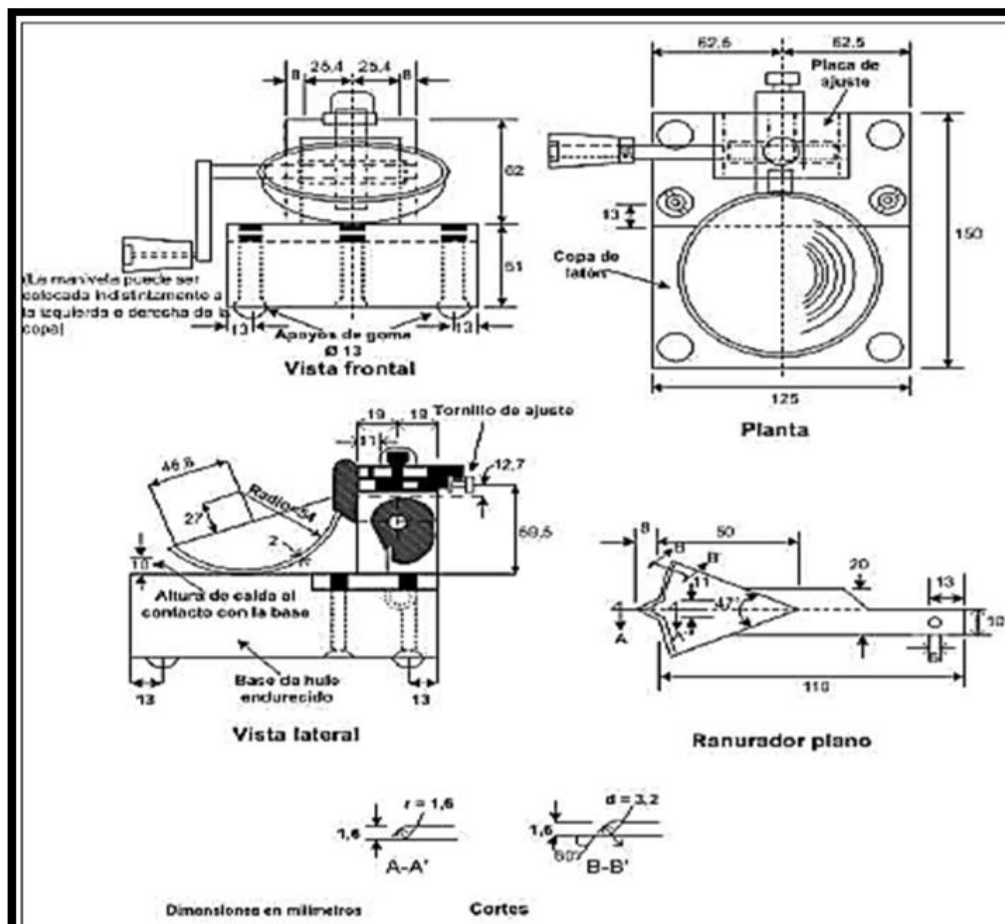


figura 1: Aparato manual para límite líquido.

Fuente: (MTC E110, 2016).

Para el respectivo cálculo del LL se representa la relación entre el contenido de humedad (W_n) y el número de cantidad de golpes en la copa de Casagrande sobre un gráfico semilogaritmico con el contenido de humedad. Trazar una línea recta que pueda pasar por los tres o más puntos graficados. Se presenta la ecuación para determinar el LL según el manual de ensayo de materiales, (ver ecuación 2). (MTC E110, 2016).

$$LL = W_n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \dots \dots \dots (ec. 2)$$

Dónde:

N= número de golpes requeridos para cerrar la corte para el contenido de humedad.

W_n = contenido de humedad del suelo.

El límite plástico malla N° 40, es la mínima humedad que el suelo tiene a demostrar un comportamiento plástico, es decir, el suelo no admite deformaciones sin rotura. Para realizar este ensayo se utilizará una porción de la mezcla preparada en las mismas condiciones que para el límite líquido, a la cual se deberá agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad, posterior a ellos se deberá enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio dando forma de cilindros de 3.2mm de diámetro y que presenten agrietamientos, para determinar su contenido de humedad, de esta manera repetir el ensayo una o dos veces más. El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad, si la diferencia entre estos 2 valores es mayor que dos puntos de porcentaje, se deberá repetir el ensayo. (Terrones y Henríquez, 2018, p.28).

Para realizar los cálculos de límite plástico se calcula el promedio de dos contenidos de humedad expresándose en porcentajes, encontrando una aproximación a un número sin decimales (entero) (ver ecuación 3), lo cual nos servirá para determinar el índice de plasticidad del suelo siendo la diferencia entre el limite líquido y limite plástico (ver ecuación 4). Según lo dispuesto en el manual de ensayos de materiales. (MTC E111, 2016).

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo al hotno}} * 100 \dots \dots \dots (ec. 3)$$

$$I.P = L.L - L.P \dots \dots \dots (ec. 4)$$

La humedad, es la cantidad de agua que contiene una muestra extraída representativa del suelo en su estado natural, siendo un suelo saturado, poco saturado y altamente saturado el contenido de humedad varía según en las condiciones que este se encuentre. Se hace hincapié en la condición en la que se encuentra siendo la principal diferencia con respecto a la absorción (en esta se toma en cuenta el incremento de masa a partir de la penetración del agua en un tiempo determinado). Los métodos de ensayo realizados solo toman en cuenta la humedad evaporable, es decir, el total de agua que se encuentra alojada en la porosidad entre partículas (intersticios) y la porosidad de cada partícula como tal. Usualmente los materiales porosos tienden a contener mayor humedad natural ocurre lo mismo con el material mientras más fino sea, para ello se hace uso del siguiente cuadro, (ver cuadro 5). (Martínez 2016, p. 3)

Cuadro 5: Cantidad de muestra para contenidos de humedad.

tamaño máximo de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a±0.1%	a±1%
2mm o menos	2.00mm(N°10)	20g	20g
4.75mm	4.760mm(N°4)	100g	20g
9.5mm	9.525mm(3/8")	500g	50g
19.0mm	19.050mm(3/4")	2.5kg	250g
37.5mm	38.1mm(1 1/2")	10kg	1kg
75.0mm	76.200mm(3")	50kg	5kg

Fuente: (ASTM D-2216,2019).

Para determinar el contenido de humedad se realizará lo más pronto posible después del muestreo, más aún si se usan contenedores corrosibles. Los resultados de cálculo del contenido de humedad de la muestra del suelo en su estado natural, estará dado según lo dispuesto en el manual de ensayos de materiales donde se presenta los procedimientos y fórmulas que están establecidas en la normativa, por ende, se hace uso de la siguiente ecuación, (ver ecuación 5.1). (MTC E108, 2016).

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100 \dots \dots \dots (ec 5)$$

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} * 100 = \frac{M_w}{M_s} * 100 \dots \dots \dots (ec. 5.1)$$

Donde:

W = Contenido de humedad, (%)

M_{cws} = Peso del contenedor más el suelo secado en horno, (gramos)

M_{cs} = Peso del contenedor más el suelo secado, (gramos)

M_c = Peso del contenedor, (gramos)

M_s = Peso de las partículas sólidas, (gramos)

El ensayo de corte directo, es realizado para determinar el ángulo de fricción y la resistencia al corte consolidado drenado de un material. El ensayo se realiza deformando un espécimen a una velocidad de deformación controlada cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato. Para tener un mejor resultado se analizan tres muestras, cada muestra estará sometida a un esfuerzo normal de diferentes cargas, encontrando los efectos sobre la resistencia al corte y el desplazamiento, y las propiedades de resistencia como la resistencia de Mohr. Los esfuerzos cortante y desplazamientos son puestos de manera no iguales dentro de la muestra. No se define una altura estándar para el cálculo de las deformaciones por corte. Entonces, las relaciones tensión y deformaciones o cualquier cantidad agrupada, no puede encontrarse a partir de esta prueba. (ASTM D-3080, 2011).

La cohesión que presentan los materiales, es la atracción gravitatoria que se da entre cada una partícula, que se originan por medio de las fuerzas moleculares y las películas de agua, la variación de cohesión que puede presentar el suelo se da a través del contenido de humedad que muestra el suelo. Los suelos que contienen mayor porcentaje de arcillas presentan mayor cohesión de 0.25 kg/cm² a 1.5 kg/cm² y en suelos limosos muestra muy poca, en arenas la cohesión es totalmente nula. Por otro lado, el ángulo de fricción forma parte de las propiedades del material granular en relación al ángulo de reposo este es determinado por la fricción, se realiza mediante el ensayo de corte directo y método. (Estévez, 2017).

Los ensayos designados especiales según el Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos, 2014 utilizados para evaluar la calidad del material de afirmado son los siguientes:

El estudio de Abrasión, consiste en realizar una degradación de los agregados de dimensiones menores a 37.35 mm (1 ½”), a través de la máquina de los Ángeles (ver figura 2), para determinar su resistencia a la que es sometida. Este ensayo consiste en varias acciones de rotura, impacto y abrasión en un tambor de acero que en su interior presenta una suma de esferas de acero que, en una determinada cantidad de revoluciones de velocidad el material es triturado a través del impacto con las esferas; después el agregado es retirado para contar su porcentaje de graduación del material, considerando la gradación de ensayo según el requerimiento del MTC. (MTC E207, 2016).



Figura 2: Máquina (Abrasión Los Ángeles).

Fuente: (UTEST, 2015).

Proctor Modificado, es la proporción que hay entre la densidad seca de un suelo según su grado de compactación y su contenido de agua, esto tiene un grado de importancia con los que respecta a la compactación de suelos y donde persigue la determinación de la humedad óptima de compactación según las muestras de suelos que se viene trabajando, en la actualidad hay dos variables que son el Proctor Estándar y el Proctor Modificado, donde su diferencia están en función en la energía de compactación que se aplica con el pistón, entonces el Proctor modificado es la evolución del Proctor estándar, que tiene el efecto y la necesidad de emplear una maquinaria de compactación en condiciones más favorables y más pesada dado el aumento de la carga por eje equivalente experimentado por los vehículos. (Cuadros, 2017, p. 20).

Para el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio se utiliza una energía modificada (2700 kN-m/m), para determinar la relación entre el peso unitario seco de los suelos y contenido de agua, representado en la curva de compactación, compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro con un pistón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de 2700 kN-m/m (56000 pielbf/pie)). (MTC E115, 2016).

El ensayo California Bearing Ratio (CBR), se emplea para determinar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de afirmado, explanadas, así como en la clasificación de terrenos, es decir la prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicarlo sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado. Consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm² (ver figura 3), para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm, través de este procedimiento se determina lo que se llama el Índice CBR que es la relación entre la carga determinada y la que se obtiene por el mismo procedimiento. (MTC E132, 2016).

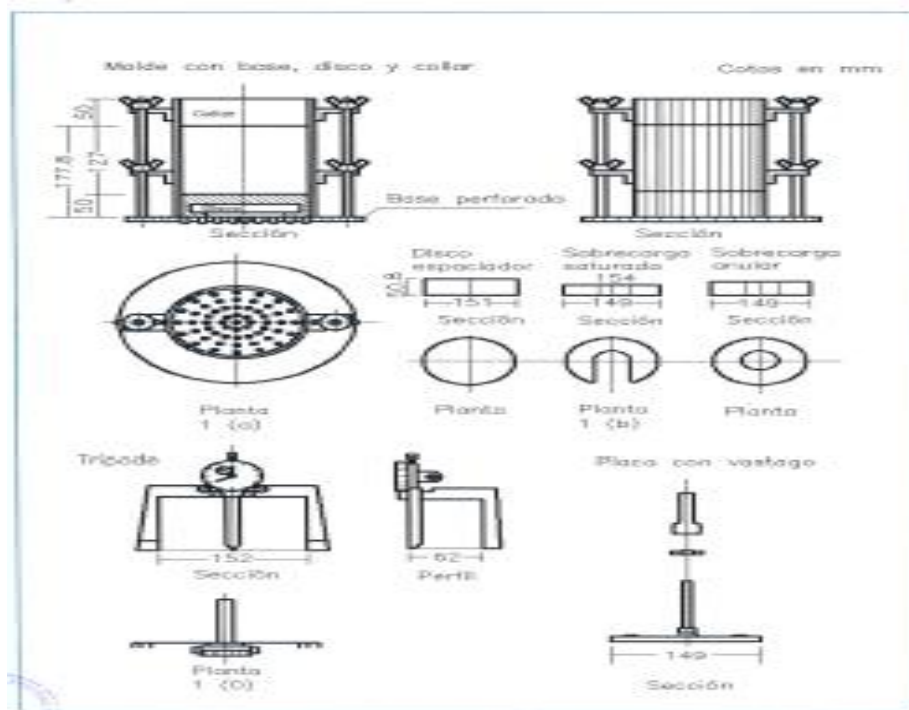


Figura 3: Pistón de compactación

Fuente: (ASTM D- 1883, 2016).

Si los materiales estudiados no obtienen resultados favorables en sus propiedades físicas y mecánicas, se puede mejorar a través de estabilizadores. En el caso de los afirmados a través de su vida útil, éstos tienden a deteriorarse a corto plazo. En carreteras es más rápido su deterioro, ya que al tener contacto con los neumáticos de los vehículos se produce mayor pérdida; para ello existen algunos estabilizadores que ayudan a mejorar su calidad del afirmado, permitiéndole tener mayor durabilidad y fácil de tratar. Tomando en cuenta el aditivo CON-AID como estabilizante de suelos en el cual formará parte de este proyecto de investigación, para la estabilización que se da al suelo con el aditivo, éste predice una acción iónico forzoso, requerida para reducir la cantidad de agua adsorbida a través de las arcillas, mejorando en su procedimiento mecánico al disminuir el índice de plasticidad y su expansión.

Sus moléculas que posee el estabilizador CON-AID son capaces de separar fácilmente cationes frágiles como son los cationes del agua y a su vez ser remplazados constantemente por las moléculas del estabilizador. Por otro lado, las colas hidrofóbicas de las moléculas van permaneciendo orientadas hacia fuera de la superficie de las arcillas, llegando a recubrir los poros de la matriz del suelo, donde el comportamiento del agua será de forma libre, pudiendo ser eliminada más fácil a través de la evaporación y compactación. (CON - AID Argentina S.A).

Entonces, para el tratamiento que se realiza al suelo con él aditivo CON-AID, acontece una acción química siendo citada para repeler el agua de los suelos que contengan material de arcillas. Luego de haber ocurrido la reacción del suelo con el aditivo, respecto a la compactación que se requiere, se realizará con un menor esfuerzo mecánico, quedando muy unidas las partículas que han sido tratadas en una capa muy cerrada y uniforme. Esto es consecuencia de la eliminación del agua adsorbida, dando un mayor y mejor acercamiento entre las partículas de arcilla, relacionándolas de manera más próxima entre unas a otras. Donde el suelo obtiene una mayor densidad, esto no hubiera pasado si el material contenía agua en sus partículas.

La densidad lograda, a través de su comportamiento hidrofóbico obtenido que demuestra el material, impide que el agua pueda ingresar a la capa de afirmado, logrando un mayor aumento de la capacidad de resistir mayores fuerzas de la capa tratada por la fricción dadas entre partículas y produciendo una vía más estable, firme, menos húmeda, densa y

con menos incidencia de polvo. Las reacciones químicas que se desarrollan al aplicar el aditivo se presenta a través de cuatro fases. (CON- AID Argentina S.A).

La primera fase se desarrolla con la aplicación del CON-AID iniciando con la adición del aditivo, donde las moléculas que contiene el estabilizador empiezan a desarrollar unas reacciones y enlaces químicos anteriormente explicados. Por otro lado, las moléculas de agua absorbida empiezan a desprenderse de las partículas del suelo desde la superficie, la parte hidrofóbica sobresale a la superficie del nivel del agua, y la otra parte hidrofílica permanece sumergida.

En la segunda fase acontece el desprendimiento del agua, así como su evaporación, dejando el lugar que había permanecido el agua, un sitio libre entre partículas. Después de haber ocurrido la evaporación, éste aumenta la atracción gravitatoria en las partículas de arcillas muy pequeñas, lográndose manifestar considerablemente y mejorando el suelo de manera acelerada.

En la tercera fase se da acción del tránsito. Dando un simultáneo al efecto de evaporación, donde la acción del tránsito suministra a la capa de afirmado un esfuerzo mecánico necesario para reacomodar o alinear las partículas del suelo estabilizado. En esta fase también se realiza el curado con agua pura, evitando un forzoso secado de la capa de superficie.

En la cuarta fase forma parte de la capa estabilizada y compactada. Finalmente, los efectos químicos y físicos previamente descriptos han generado en la capa de afirmado estabilizada un mayor aumento de resistencia a las cargas. Además, las partículas que se encuentran en estado de “hidrófobas” por la reacción del estabilizante, lo cual lleva a que el agua que ingrese al sistema ésta sea anulada rápidamente.

Se tendrá en cuenta las especificaciones técnicas del aditivo CON-AID que deben ser empleados y aplicados para su respectivo uso en los ensayos que se realizaran en este trabajo de investigación de la mejor manera:

La preparación del área del camino antes de aplicar el aditivo, se deberá preparar el área de trabajo según a los niveles y grados especificados en el diseño, si el camino no cuenta con bordillos y un sistema de aguas pluviales para contrarrestar las precipitaciones de lluvia, se deberá construir desagües laterales al mismo momento que el resto de la

carretera. La información, equipos y materiales de construcción es fundamental para la construcción de carreteras con CON-AID. La información que se tendrá sobre la dosificación que se utilizará será en litros por metro cuadrado (L/m²), uno de los equipos primordiales para este trabajo es la motoniveladora deberá estar equipada con un desgarrador de dientes para remover el aria de construcción, la cisterna de agua será la encargada de rociar el agua de manera uniforme, el rodillo para este trabajo más adecuado es el rodillo neumático y por último, el agua a usar será agua potable, también se puede usar agua de mar pero tiene que ser antes de usarla con el aditivo para no alterar su composición. (CON-AID CBR PLUS, p.3).

El proceso de solicitud deberá seguir los siguientes procedimientos. Se realizará el escarificado en la superficie del camino con la niveladora a una profundidad de 0.15 m aproximadamente, tratar de romper los terrones de material y eliminar las piedras más de 100 mm. Realizar la mezcla del agua con el aditivo en una proporción de 1 litro de CONA-AID a 250 litros de agua, esperar un tiempo de 5 minutos antes de comenzar con la aplicación para proporcionar tiempo suficiente de mezcla entre el agua y aditivo, no rociar fuera de los límites de la superficie de la carretera desperdiciando la mezcla y las aplicaciones no se deben repetir entre sí, esto resultara en aplicación irregular y también presentarán áreas fangosas sobre mojadas en la carretera. (CON-AID CBR PLUS, p.4).

Este producto cuenta con una tecnología de sistema enzimático, creando un efecto en los materiales que contienen arcillas, reduciendo la plasticidad y permeabilidad, También un incremento de la densidad y valor de soporte (CBR). Se caracteriza por hacer un intercambio iónico y electroquímico de las partículas de arcillas. Su composición se da de la fermentación de vegetales, es aplicado en suelos naturales incluyendo a suelos con porcentajes de alto contenido arcillosos cohesivos. el rendimiento del producto es un bidón de 20 litros rinde a 660 m³ de material siendo 1 litro de aditivo para 33 m³ de material. (Bada, 2016, p.20).

La fecha de caducidad es de 48 meses equivale a 4 años contados desde la fecha de su elaboración, es un producto Ecológico, No tóxico siendo amigable con el medio ambiente, peso molecular 340, es un derivado del ácido sulfónico, se debe mantener a una temperatura de no mayor a 10°C para no sufrir alteraciones del contenido, el PH está entre 3.5-9, su color que aparenta es color rojo claro, viscosidad de 20, presenta olor ambiente,

su presión de vapor es de 20 mm Hg, su gravedad específica es 1.05, es soluble con el agua. (CON-AID CBR PLUS).

Las ventajas que se obtiene al aplicar el producto está dado por el alto rendimiento y menor costo se puede obtener carreteras de rodadura con un menor costo de mantenimiento, con un periodo de vida extensa y útil así en diversas condiciones climatológicas que se presentan. Reduce problemas generales de trabajo y mantenimientos de caminos: Al acortar la cantidad de agua que es retenida en el material, aumenta la estabilidad del suelo. De esta manera se reducirían los efectos de las ondulaciones, encalaminado y baches, dando como resultado mayor tiempo de vida útil y menor costo de mantenimiento. (Bada, 2016, p. 20).

Entonces, para la obtención de resultados y mejor entendimiento de la problemática, planteamos el siguiente problema: ¿Cuál será el comportamiento del suelo de la cantera Roaya utilizando el aditivo CON-AID, para carreteras con superficies de afirmado – La Libertad?

Para responder a esta interrogante, se llevará a cabo el presente trabajo de investigación, la cual se justifica en los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales como se describe a continuación:

Esta investigación se justifica técnicamente porque, a través de los ensayos realizados se determinará las características del material de afirmado extraído de la cantera Roaya, para ello se utilizarán herramientas y equipos de laboratorio calibrados, como también los más actualizados y se tomara en cuenta las propiedades que estas resulten para ser empleadas en trabajos de caminos como superficies de afirmado y ser considerado como modelo para futuras investigaciones.

Se justifica económicamente, porque se tomará en cuenta los beneficios y costos que tendrá el proyecto de investigación, para las empresas ejecutoras en su reducción de gastos, como reprocesos y su eliminación de agregados en mal estado sin haber hecho un estudio previo; también, para que se reduzca el costo del transporte y comercialización de los pobladores de la zona. Esta investigación se realiza para conocer el estudio del comportamiento del suelo, como material de afirmado, mediante el uso de aditivo siendo propicio y menos costoso.

Se justifica socialmente, porque es de suma importancia mejorar las carreteras afirmándolas, lo cual se reducirá el polvo que se ocasiona por la bastante transitividad de vehículos, el cual reducirá las enfermedades de las personas que han estado evolucionándose por dicha causa. Ésta investigación servirá para mejorar esos problemas con la aplicación del material de afirmado utilizando el aditivo CON-AID.

Este proyecto de investigación se justifica ambientalmente, porque se aportará con el medio ambiente del lugar, colocando el afirmado en las carreteras, lo cual reducirá el polvo; también, de manera conjunta se reducirá el ruido que ocasionan los vehículos día a día por el bastante tráfico, para que los vehículos transiten de una manera mejor cuidando el medio ambiente.

De la misma manera que, al justificar se detalla las razones por las cuales se hace la investigación, entonces para obtener el propósito principal se plantea los objetivos presentados a continuación:

Como objetivo general tenemos: Determinar el comportamiento del suelo de la cantera Roaya utilizando el aditivo CON-AID, para carreteras con superficies de afirmado – La Libertad.

También, como objetivos específicos tenemos: Realizar el estudio de mecánica de suelos del material de la cantera Roaya, Determinar la resistencia de la mezcla del suelo sin aditivo y con aditivo, Determinar el porcentaje óptimo de aditivo CON-AID para el material de la cantera de Roaya, Determinar el costo por m³ de material de afirmado sin aditivo y con aditivo.

Asimismo, se muestra la hipótesis dando respuesta al problema, la cual es la siguiente: Utilizando el aditivo CON-AID, el comportamiento del suelo de la cantera Roaya mejorará considerablemente.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

La presente investigación, según su finalidad es aplicada, según su carácter descriptivo, según su naturaleza cuantitativa, según su temporalidad transversal y para su desarrollo la investigación es experimental.

El diseño de la investigación es de tipo descriptivo.

Donde:

M - O1

M = muestra extraída de la cantera para carreteras con superficie de afirmado.

O = comportamiento del suelo utilizando aditivo CON-AID.

2.2. Operacionalización de Variables

Cuadro 6: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Comportamiento del suelo	Es determinar de qué manera varían las características físicas y mecánicas del suelo, debido a la adición del aditivo químico llamado CON-AID, dicho estudio se llevará a cabo en un laboratorio de mecánica de suelos respetando el manual de ensayos y normas técnicas.	Para poder realizar el estudio del comportamiento del suelo se llevará a cabo la siguiente operación: en primer lugar, se realizará trincheras en la cantera, luego se recolectará las muestras de afirmado y se llevará al laboratorio para ser sometido a un estudio técnico, donde se determinará todos los ensayos que se requieren para superficies de afirmado. Ese estudio se hará mediante un ensayo estándar con la finalidad de ver el comportamiento que genera al	Propiedades físicas	Análisis granulométrico por tamizado	Razón
				Límite líquido	Razón
				Límite plástico	Razón
				Contenido de humedad	Razón
				Clasificación de suelos SUCS	Razón
				Clasificación de suelos AASHTO	Razón
			Propiedades mecánicas	California Bearing Ratio(CBR)	Razón
				Proctor modificado	Razón

		incorporarlo el aditivo, la cual se hará un ensayo del material sin aditivo y el otro ensayo es incluyendo el aditivo, ya que así veremos cómo se comporta el suelo utilizando el aditivo CON-AID.		Ensayo de Abrasión de los ángeles	Razón
				Cohesión	Razón

Aditivo CON-AID	Es un compuesto químico orgánico complejo, elaborado especialmente para la utilización vial, donde sus componentes principales es un reactivo catiónico, reemplazando frecuentemente los cationes débiles que están presentes en la capa de agua en las partículas del suelo, siendo los causales de la inestabilidad. (Silva, p.36)	El aditivo CON-AID será incorporado en el agua de regado (camión cisterna), en la proporción establecida en el diseño distribuido en el agregado, combinado con esta, luego de lo cual será perfilado y compactado.	Estabilizador	Dosificación (l/m^3)	Nominal
------------------------	--	---	---------------	---------------------------	---------

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Material de la cantera Roaya – con un área aproximada de 4900 m² ubicada en Menocucho – Laredo – La Libertad

2.3.2. Muestra

Se extrajo un volumen de 0.296m³ de material de afirmado de la cantera Roaya, para la ejecución de ensayos que permiten estudiar el comportamiento del material de afirmado adicionándolo el aditivo CON-AID y cumplan con los parámetros de calidad según la norma técnica.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas

Se usó la técnica de la observación directa, porque nos permitió conocer con mejor exactitud la calidad del material, y la observación experimental en el laboratorio de mecánica de suelos, siguiendo el procedimiento establecido en las normas técnicas MTC Y ASTM que son una guía para realizar estudio de suelos.

2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos que se usó, fueron los equipos del laboratorio del centro de innovación tecnológica de la UCV y Laboratorios de “Huertas Ingenieros”.

Validez y confiabilidad

Los cuadros e instrumentos que se utilizaron ya estaban debidamente normados, por ende, la validez y confiabilidad no va en este caso.

2.5. Procedimiento

Este procedimiento de esta investigación se realizó, haciendo trincheras para la obtención de un porcentaje de muestra de la cantera de Roaya y luego se llevó al laboratorio, donde las muestras extraídas pasaron por los siguientes estudios: Análisis granulométrico por tamizado, Límite líquido, Límite plástico, contenido de humedad, clasificación de suelos SUCS, clasificación de suelos AASHTO, Proctor

modificado, California Bearing Ratio (CBR), ensayo Abrasión de los Ángeles, y el ensayo de corte directo. con dichos estudios se determinó su comportamiento en base a la variabilidad que presenten los resultados obtenidos con la incorporación del aditivo CON-AID.

2.6.Método de análisis de datos

Para el análisis de datos en los diferentes ensayos que se realizó en el laboratorio de suelos, se utilizó el programa Office Excel, por lo que nos permitirá calcular y a la vez presentar las tablas y gráficos representativos de todos los datos extraídos en el laboratorio, el programa SPSS para calcular las pruebas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Post Hoc (TUKEY) y el programa S10 para realizar el cálculo de costos.

III. RESULTADOS

3.1. Estudio de suelos

El presente estudio de suelos para el proyecto “Comportamiento del suelo de la cantera Roaya, utilizando el aditivo CON-AID para carreteras con superficies de afirmado-La Libertad”, se desarrolla con la finalidad de determinar las condiciones geotécnicas de dicha cantera utilizando un aditivo, al mismo tiempo separando por tipo de materiales que lo caracterizan para luego depende a eso sea utilizado como capa de afirmado.

3.1.1. Ubicación del área de estudio

El área en estudio de la cantera Roaya, se ubica a 1.5 km aproximadamente del centro poblado de Menocucho- Laredo –Trujillo - La Libertad. (ver figura 4)

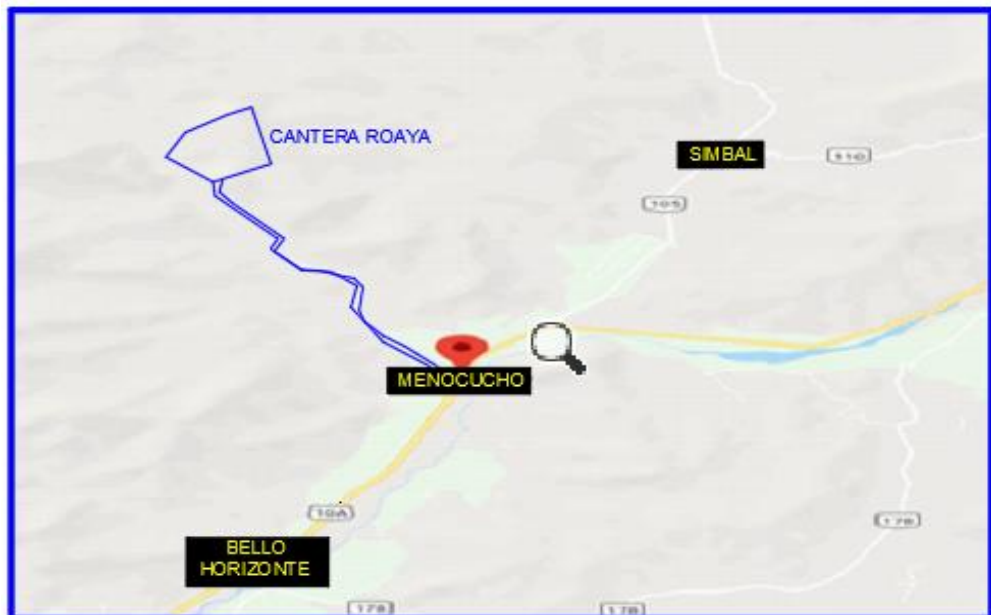


Figura 4: ubicación de la cantera Roaya

Fuente: Google Maps

3.1.2. Objetivo de estudio

El objetivo por lo que se realiza este estudio de suelos, es para determinar las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Roaya y a la vez mejorar la calidad de vías de afirmado, en estricto acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio para establecer características de diseño de capa de afirmado y luego ser utilizado.

3.1.3. Alcance de estudio de suelos

Para el desarrollo del proyecto se ha creído conveniente usar los criterios ingenieriles para poder determinar los resultados del estudio de la cantera, lo cual se desarrollan en total concordancia con lo estipulado en el manual de ensayos de materiales, especificaciones técnicas de afirmado (MTC 2014) y las normas ASTM.

3.1.4. Exploración

La exploración de la cantera se realizó mediante el “método destructivo”, lo cual consistió en realizar trincheras a 2x3m y una profundidad de 1.5m, por ende, las muestras extraídas fueron identificados y transportados siguiendo las indicaciones técnicas establecida norma ASTM D 2488 (EXPLORACIÓN DE SUELOS)

3.1.5. Descripción de la cantera

Se ubica a 1.5 km del centro poblado Menocucho- Laredo- La Libertad y cuenta con un área aproximada de 4900 m². Es una explotación que se explora a cielo abierto, de ella se extraen los materiales para afirmado y base granular que se utilizan para carreteras, lo cual se ha tomado las muestras y fotografías, para su estudio siguiendo las normas técnicas.

3.1.6. Cantidad de muestras

Se realizó dos trincheras donde se extrajo 2 muestra de cada una de un volumen de 0.296m³ y se llevó al laboratorio de mecánica de suelos para que se realice los ensayos correspondientes.

3.1.7. Tipos de ensayos a ejecutar

- | | |
|---|--------------|
| ▪ Análisis granulométrico suelos por tamizado | ASTM D-422 |
| ▪ Límites de consistencia | ASTM D-4318 |
| ▪ Contenido de humedad | ASTM D-2216 |
| ▪ Proctor modificado (MDS) | ASTM D-1557 |
| ▪ Relación de soporte de california (CBR) | ASTM D-1883 |
| ▪ Abrasión los ángeles | ASTM C-535 |
| ▪ Corte directo | ASTM D- 3080 |

3.1.8. Resultado de estudio de material sin aditivo

3.1.8.1. Muestra 1

Análisis granulométrico por tamizado

En este ensayo se realizó para poder determinar los suelos que pasan por los diferentes tamices, hasta el de 74mm (N° 200) de acuerdo al MTC E 107, lo cual el objetivo principal es el trazo de la curva granulométrica, el tamizado y el peso de los porcentajes que pasan serán usados para poder especificar el cumplimiento de la gradación de partículas según el MTC E 107 para las tres muestras para poder determinar los suelos que pasan por los diferentes tamices, hasta el de 74mm (N° 200).

Cuadro 7: Resultados de clasificación y descripción de la muestra.

Clasificación de la muestra	Clas. SUCS: GP
	Clas. AASHTO: A-1-a(0)
Descripción de la muestra	SUCS: Grava mal graduada con arena
	AASHTO: fragmento de roca grava y arena /excelente a bueno
	Tiene un % de finos de :2.77% Arenas: 45.85% Gravas: 51.39%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 7 se presenta los resultados del análisis granulométrico donde se detalla la clasificación y descripción de la muestra del ensayo granulométrico del material extraído de la cantera Roaya, los cuales mostraron los siguientes resultados: según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), siendo este GP que significa “grava mal graduada con arena”, y por otro lado la clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), resulto como A-1-a (0) lo cual significa “fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno” y tiene un % de finos de 2.77%, también se determinó un porcentaje de arenas y gravas .

Límite líquido

Este ensayo se usó como parte integral de clasificación de suelos, su objetivo principal es clasificar los suelos en fracciones de grano fino y para detallar la fracción de grano del material a estudiar, el límite líquido de un suelo contiene significativas cantidades de materia prima decrece dramáticamente cuando este es secado en el horno antes de ser ensayado. La comparación de la muestra anterior con la muestra secada se puede usar como una medida del contenido de materia orgánica que contiene el suelo. Este ensayo se hizo bajo las especificaciones técnicas del ASTM D 1241.

Cuadro 8: Resultados de límite líquido

Descripción	Límite líquido
Limites	NP

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 8 se puede observar que el material de afirmado no presentó límite líquido (NP), en el ensayo con la copa de Casagrande.

Límite Plástico

Este método de ensayo se dio uso para poder determinar la plasticidad que contiene el material, como parte integral de diferentes sistemas de clasificación, para separar todo lo que es grano fino.

Cuadro 9: Resultados de límite plástico e índice plasticidad.

Descripción	Límite Plástico
Limites	NP

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9 se detalla que la muestra o el material de afirmado no presentó límite plástico (NP), por lo tanto, al no presentar límite líquido ni límite plástico entonces el material no contiene índice de plasticidad.

Contenido de humedad

El presente ensayo se realizó para determinar la humedad que contiene la muestra, sacando el peso del agua eliminada y haciéndolo un secado al suelo en el horno contralado a 110 ± 5 °C, para cada una de los tres especímenes.

Cuadro 10: Resultado del contenido de humedad del material.

Descripción	Espécimen 01	Espécimen 02	Espécimen 03
% de humedad (%)	1.64	1.71	1.54
Porcentaje de humedad promedio (%)	1.63		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 10 se detalla el resultado de contenido de humedad de los tres especímenes, donde el espécimen 01 se obtuvo un 1.64 %, de él espécimen 02 1.71% y espécimen 03 resultó 1.54%, de tal manera que se determinó un promedio de los tres especímenes, obteniéndose 1.63% de contenido de humedad del material.

Proctor Modificado

En este ensayo se realizó mediante la compactación de la muestra, usando el método “C”, para poder determinar la relación que tienen entre el contenido de humedad y el peso unitario seco, donde se utiliza un molde de 152.4 y un tamiz de 19.0 mm, lo cual se ara 5 capas y se realizara 56 golpes por capa. Lo cual se realizará los ensayos, sin aplicar aditivo y adicionándole el 1%,2% y 3% del aditivo CON-AID

Cuadro 11: Resultados de Proctor Modificado.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.793
Óptimo contenido de humedad (%)	6.11

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11 muestra que los resultados de Proctor Modificado sin la incorporación del aditivo CON-AID resultó una máxima densidad seca 1.793 g/cm³y un óptimo contenido de humedad 6.11%.

California Bearing Ratio (CBR)

El presente ensayo se realizó para evaluar la capacidad de soporte de la subrasante, en carreteras con superficie de afirmado con la incorporación del aditivo CON-AID, lo cual es obtenido mediante ensayos en el laboratorio del material extraído de la cantera.

Cuadro 12: Resultados generales de CBR.

CBR al 100% de la máxima densidad seca (%)	56.42
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	38.73

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 12, muestra los resultados del ensayo donde se obtuvo, un CBR al 100% de la máxima densidad seca un 56.42 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca un 38.73%.

Abrasión los Ángeles

Es un ensayo se realizó para medir la degradación del material normalizadas que resultan de un intercambio de acciones, por el cual ocurre un desgaste por la trituración que se ocasiona por un tambor de acero que tiene esferas de acero, el cual depende mucho de la graduación del material a estudiar.

Cuadro 13: Resultados de Abrasión los ángeles

Malla que pasa	Peso inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en la malla N°12(gr)	Peso que pasa T. N°12 después del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasión del agregado (%)
3/4" a N° 4	5000	4249	751	15.02

Fuente: Elaboración propia.

En el presente cuadro 13, presenta como resultado de que el material ha resistido a 500 revoluciones en la máquina de los ángeles, donde se obtuvo un desgaste de 15.02 %.

Corte directo

Este ensayo se realizó para determinar la resistencia de los materiales no cohesivos, de esa manera, se podrá encontrar el Angulo de fricción, lo cual facilita a encontrar el objetivo principal por lo que se izó este ensayo es para conocer el resultado de cohesión del suelo.

Cuadro 14: Resultados de cohesión y ángulo de fricción.

Ángulo de fricción (°)	25
Cohesión (c) kg/cm ²	0

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 14 se detalla los resultados de cohesión sin aditivo, donde el suelo presentó un Angulo de 25° y una cohesión nula.

3.1.8.2. Muestra 2

Granulometría

Cuadro 15: Resultados de clasificación y descripción de la muestra.

Clasificación de la muestra	Clas. SUCS: GP
	Clas. AASHTO: A-1-a(0)
Descripción de la muestra	SUCS: Grava mal graduada con arena
	AASHTO: fragmento de roca grava y arena /excelente a bueno
	Tiene un % de finos de :2.86% Arenas: 45.62% Gravas: 50.51%

Fuente: Elaboración propia.

En el presente cuadro 15 representa el resultado, según (SUCS), siendo este GP que significa “grava mal graduada con arena”, y por otro lado según (AASHTO), resultó como A-1-a (0) lo cual significa “fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno” y tiene un % de finos de 2.86%.

Límite líquido y límite plástico

Cuadro 16: Resultados de límite líquido y límite plástico.

Descripción	Límite líquido	Límite plástico
Límites	NP	NP

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 16 se observa que el material de afirmado no presentó (NP), tampoco presenta límite plástico ni índice de plasticidad.

Contenido de humedad

Cuadro 17: Resultado del contenido de humedad del material.

Descripción	Espécimen 01	Espécimen 02	Espécimen 03
% de humedad (%)	1.88	1.82	1.80
Porcentaje de humedad promedio (%)	1.83		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 17 presenta el resultado de contenido de humedad de los tres especímenes, lo cual del espécimen 01 se obtuvo un 1.88 %, del espécimen 02 un 1.82% y del espécimen 03 resultó 1.80%, de tal manera que se determinó un promedio de las tres obteniéndose 1.83% de contenido de humedad.

Proctor Modificado

Cuadro 18: Resultados de Proctor Modificado.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.826
Óptimo contenido de humedad (%)	6.02

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 18 se detalla los resultados de Proctor Modificado sin la incorporación del aditivo CON-AID, lo cual resultó una máxima densidad seca 1.826 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad 6.02%.

California Bearing Ratio (CBR)

Cuadro 19: Resultados generales de CBR.

CBR al 100% de la máxima densidad seca(%)	58.59
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	42.82

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 19, se observa un CBR al 100% de la máxima densidad seca donde se obtuvo el 56.42 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 38.73%.

Abrasión los Ángeles

Cuadro 20: Resultados de Abrasión los ángeles

Malla que pasa	Peso inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en la malla N°12(gr)	Peso que pasa T. N°12 después del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasión del agregado (%)
3/4" a N° 4	5000	4197	803	16.01

Fuente: Elaboración propia.

En el presente cuadro 20, se muestra un desgaste a 500 revoluciones en la máquina de los ángeles, donde se resultó un 16.01 % de desgaste.

3.1.9. Resultado de estudio del material con aditivo

3.1.9.1. Muestra 1

Proctor Modificado con aditivo 1% de CON-AID

Cuadro 21: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 1% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.849
Optimo contenido de humedad (%)	6.20

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 21 se presenta los resultados de Proctor Modificado con la incorporación del 1% del aditivo CON-AID donde resultó una máxima densidad seca 1.849 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad 6.20%.

CBR con 1% de aditivo

Cuadro 22: Resultados generales de CBR con el 1% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de la máxima densidad seca(%)	60.27
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	49.34

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 22, se presenta los resultados con la adición de 1% del aditivo CON-AID. Donde el CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo el 60.27 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 49.34%.

Corte directo con aditivo 1% de CON-AID

Cuadro 23: Resultados de cohesión con 1% del aditivo CON-AID.

Ángulo de fricción (°)	32
Cohesión (c) kg/cm ²	0.11

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 presenta, que con la adicción del 1% del aditivo CON-AID, resulto un ángulo de fricción de 32° y una cohesión de 0.11kg/cm².

Proctor modificado con 2% de aditivo

Cuadro 24: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 2% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.821
Óptimo contenido de humedad (%)	5.81

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 24 establece los resultados de Proctor Modificado, donde resultado que la máxima densidad seca 1.821 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad 5.81%.

CBR con 2% de aditivo

Cuadro 25: Resultados de CBR con el 2% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de máxima densidad seca(%)	65.75
CBR al 95% de máxima densidad seca (%)	55.35

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 25, presenta un CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo el 65.75 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 55.35%.

Corte directo con 2% de aditivo

Cuadro 26: Resultados de cohesión con 2% del aditivo CON-AID.

Ángulo de fricción (°)	33.5
Cohesión (c) kg/cm ²	0.19

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 26 presenta, que con la adición del 2% del aditivo CON-AID, resultó un ángulo de fricción de 33.5° y una cohesión de 0.19 kg/cm².

Proctor modificado con el 3% del aditivo

Cuadro 27: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 3% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.816
Óptimo contenido de humedad (%)	6.08

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 27 establece un resultado donde la máxima densidad se determinó un 1.816 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 6.08%.

CBR con el 3% del aditivo

Cuadro 28: Resultados generales de CBR con el 3% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de la máxima densidad seca(%)	82.46
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	66.59

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 28, representa un CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo el 82.46 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 66.59%.

Corte directo con 3% de aditivo

Cuadro 29: Resultados de cohesión con 3% del aditivo CON-AID.

Ángulo de fricción (°)	35.5
Cohesión (c) kg/cm ²	0.25

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 29 se detalla los resultados con la adicción del 3% del aditivo CON-AID, donde resultó un ángulo de fricción de 35.5° y una cohesión de 0.25 kg/cm².

3.1.9.2. Muestra 2

Proctor Modificado con aditivo 1% de CON-AID

Cuadro 30: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 1% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.861
Óptimo contenido de humedad (%)	6.22

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 30 se muestra los resultados de Proctor Modificado con la incorporación del 1% del aditivo CON-AID: donde la máxima densidad seca se obtuvo un 1.8611 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 6.22%.

CBR con 1% de aditivo

Cuadro 31: Resultados generales de CBR con el 1% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de la máxima densidad seca(%)	61.87
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	49.58

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 31, presenta los resultados del ensayo de California Bearing Ratio(CBR) con la adición de 1% del aditivo CON-AID. Donde el CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo el 61.87 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 49.58%.

Proctor modificado con 2% de aditivo

Cuadro 32: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 2% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.826
Óptimo contenido de humedad (%)	6.02

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 32, se establece los resultados de Proctor Modificado, donde la máxima densidad seca resultó un 1.8216 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 6.02%.

CBR con 2% de aditivo

Cuadro 33: Resultados de CBR con el 2% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de máxima densidad seca(%)	66.95
CBR al 95% de máxima densidad seca (%)	54.76

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 33, presenta un CBR al 100% de la máxima densidad seca lo cual se obtuvo un 66.95 % y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 54.76%.

Proctor modificado con el 3% del aditivo

Cuadro 34: Resultados de Proctor Modificado adicionándolo el 3% del aditivo CON-AID.

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.820
Optimo contenido de humedad (%)	6.05

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 34 se puede observar los resultados de proctor modificado donde se obtuvo una máxima densidad de 1.620 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 6.05%.

CBR con el 3% del aditivo

Cuadro 35: Resultados generales de CBR con el 3% del aditivo CON-AID.

CBR al 100% de la máxima densidad seca(%)	82.36
CBR al 95% de la máxima densidad seca (%)	67.01

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 35, se detalla un CBR al 100% de la máxima densidad seca donde se determinó el 82.36% y para el CBR al 95% de la máxima densidad seca el 67.01%.

Cuadro 36: Resumen de resultados de material de estudio sin aditivo y con aditivo CON-AID- muestra 1.

PROPIEDADES FÍSICAS								CLASIFICACIÓN	
% DE ADITIVO	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO
	CH	Finos	Arenas	Gravas	LL	LP	IP		
SIN ADIT.	1.63	2.77	45.85	51.39	NP	NP	NP	GP	A-1-a (0)
PROPIEDADES MECÁNICAS									
% DE ADITIVO	MDS (g/cm ³)	OCH	CBR	CBR	COHESIO N	Ø.FRIC.(°)	DESGASTE		
	(g/cm ³)	%	100%	95%	Kg/cm ²		%		

SIN ADIT.	1.793	6.11	56.42	38.73	0	25	15.02
1% ADIT.	1.849	6.2	60.27	49.34	0.11	32	-
2% ADIT.	1.821	5.81	65.75	55.35	0.19	33.5	-
3% ADIT.	1.816	6.08	82.46	66.59	0.25	35.5	-

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 36 se muestra el resumen y además una comparación de los resultados de todos los ensayos realizados sin aditivo y con aditivo de la muestra 1, lo cual son ensayos que se requiere para que un material de afirmado cumpla con las expectativas de calidad según el reglamento.

Cuadro 37: Resumen de resultados de material de estudio sin aditivo y con aditivo CON-AID- muestra 2.

PROPIEDADES FÍSICAS								CLASIFICACIÓN	
% DE ADITIVO	% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO
SIN ADIT.	1.83	2.86	45.62	50.52	NP	NP	NP	GP	A-1-a (0)
PROPIEDADES MECÁNICAS									
% DE ADITIVO	MDS (g/cm ³)	OCH (%)	CBR (100%)	CBR (95%)	DESGASTE (%)				
SIN ADIT.	1.826	6.02	58.59	42.82	16.01				
1% ADIT.	1.861	6.22	61.87	49.58	-				
2% ADIT.	1.826	6.02	66.95	54.76	-				
3% ADIT.	1.820	6.05	82.36	67.01	-				

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 37 se detalla el resumen y además la comparación de los resultados de todos los ensayos realizados sin aditivo y con aditivo de la muestra 2, donde son ensayos que se requiere para que un material de afirmado cumpla con los parámetros de calidad según el reglamento.

3.1.10. Porcentaje optimo del aditivo CON-AID

Para evaluar el porcentaje optimo del aditivo CON-AID, se realizó con resultados promedio de la muestra 1 y muestra 2 de los siguientes ensayos: California Bearing Ratio(CBR) al 100% y Proctor Modificado, y en el ensayo de corte directo. de los cuales se obtuvo los resultados de cohesión del suelo, capacidad de soporte, máxima densidad seca, en el óptimo contenido de humedad y resistencia al corte, que da al material estudiado, por lo que posteriormente se dará uso en la ejecución de la capa de rodadura de afirmado en carreteras.

Muestra 1

Cuadro 38: Porcentaje de aditivo CON-AID VS CBR al 100%.

%ADITIVO CON-AID	CBR AL 100%
Sin aditivo	57.51
1%	61.07
2%	66.35
3%	82.41

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 38 se muestra que la capacidad de soporte al 100% sin aditivo resultó un 57.51%, con la incorporación del 1% del aditivo CON-AID resulta 61.07%, con el 2% del aditivo 66.35 % y con la adición del 3% del aditivo 82.41%. mostrando que al agregar más porcentaje de aditivo la capacidad de soporte aumenta considerablemente.

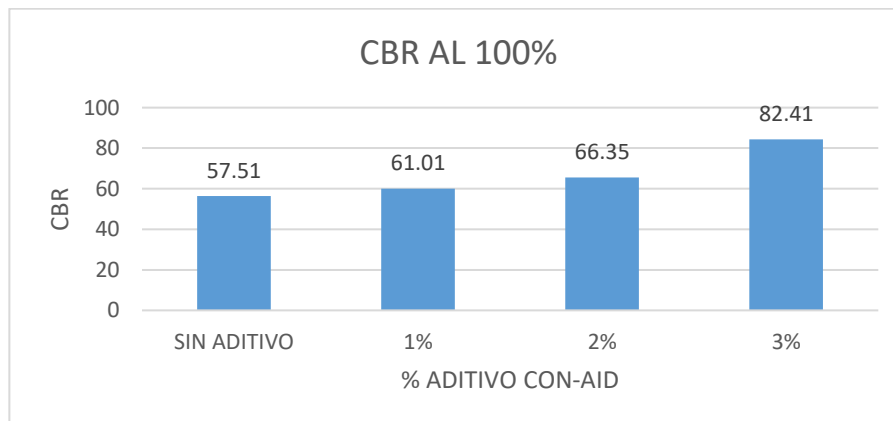


Figura 5: Porcentaje de aditivo VS CBR al 100%.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39: Porcentaje de aditivo CON-AID VS Máxima densidad seca.

% ADITIVO CON-AID	MÁXIMA DENSIDAD SECA kg/cm³
SIN ADITIVO	1.809
1%	1.855
2%	1.824
3%	1.818

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 39 se presenta que la máxima densidad seca sin aditivo resultó un 1.809, con la adición del 1% del aditivo CON-AID la densidad seca sube a 1.855, con el 2% del aditivo la densidad seca baja a 1.824 y con la adición del 3% del aditivo la densidad seca sigue bajando a 1.818.

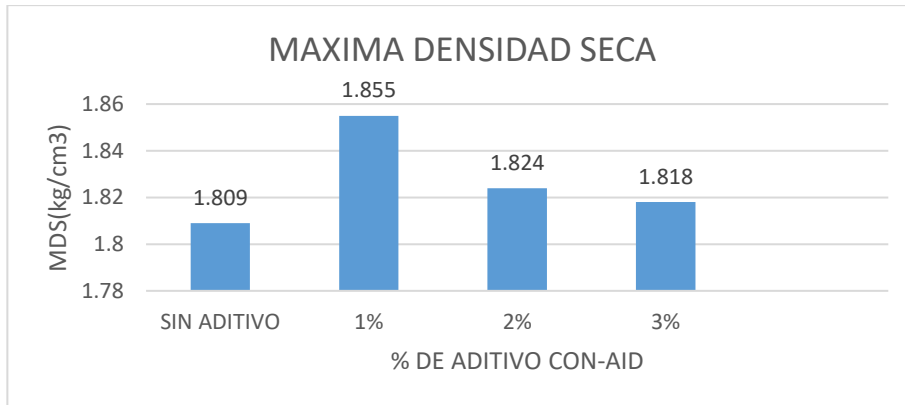


Figura 6: Porcentaje de aditivo VS máxima densidad seca.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 40: Porcentaje de aditivo CON-AID VS porcentaje de contenido de humedad.

%ADITIVO CON-AID	% OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD
SIN ADITIVO	6.07
1%	6.21
2%	5.92
3%	6.07

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 40 se presenta que el porcentaje de contenido de humedad sin aditivo resultó un 6.07%, con la adición del 1% del aditivo CON-AID, el contenido de humedad sube a 6.21%, con el 2% del aditivo el contenido de humedad baja a 5.92% y con la adición del 3% del aditivo el contenido de humedad sube a 6.07%.

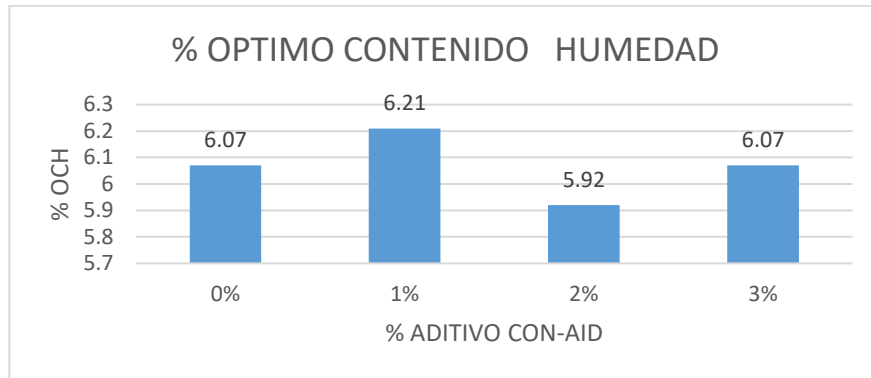


Figura 7:

Porcentaje de aditivo VS contenido de humedad.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 41: Porcentaje de aditivo CON-AID VS cohesión del suelo.

%ADITIVO CON-AID	COHESION (kg/cm ²)
SIN ADITIVO	NP
1%	0.11
2%	0.19
3%	0.25

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 41 se presenta el resultado de cohesión sin aditivo donde no presentó cohesión, con la adición del 1% del aditivo CON-AID, la cohesión sube a 0.11 kg/cm², con el 2% del aditivo, la cohesión sigue subiendo a 0.19 kg/cm² y con la adición del 3% del aditivo, la cohesión se elevó a 0.25 kg/cm².

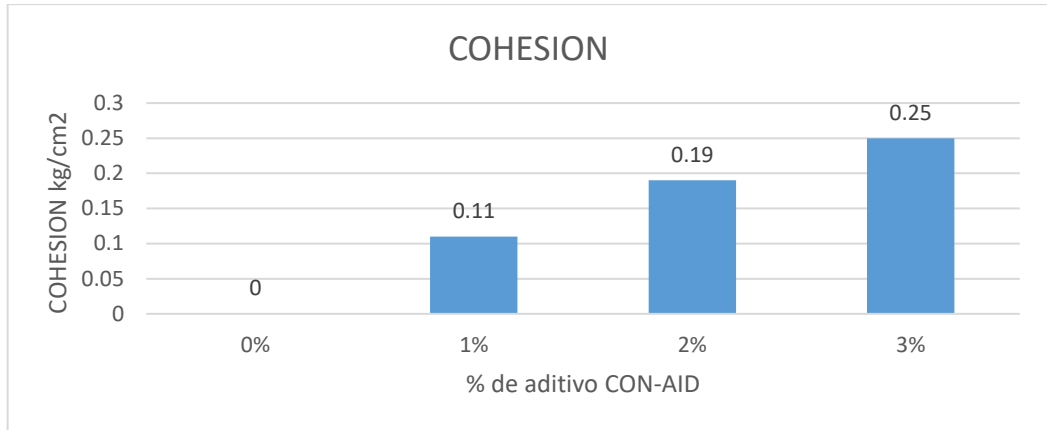


Figura 8: Porcentaje de aditivo VS la cohesión del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 42: Porcentaje de aditivo CON-AID VS Angulo de fricción.

%ADITIVO CON-AID	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
SIN ADITIVO	25
1%	32
2%	33.5
3%	35.5

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 42 se presenta el resultado de ángulo de fricción sin aditivo donde resultó un ángulo de 25°, con la adición del 1% del aditivo CON-AID, el ángulo de fricción aumenta 32°, con el 2% del aditivo, el ángulo incrementa 33.5° y con la adición del 3% el ángulo resulto a 35.5°.

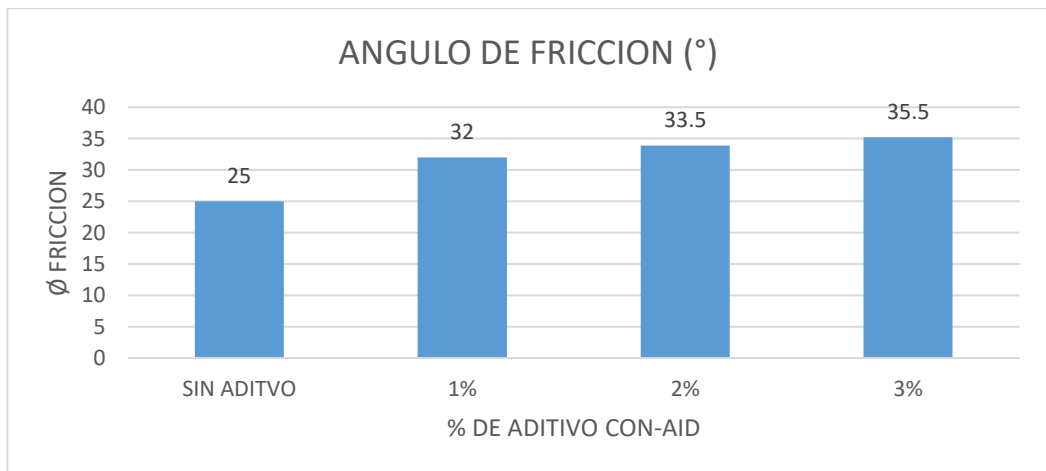


Figura 9: Porcentaje de aditivo VS el ángulo de fricción.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.11. Costo de colocación por m3 del material de afirmado sin aditivo y con aditivo.

El presupuesto de colocación de material en campo es de suma importancia porque nos permite determinar el costo de la ejecución y materiales de la obra a ejecutar, en este caso se determinará el costo total de la colocación de la capa de afirmado sin aditivo y utilizando el aditivo donde se determinará la diferencia de costos.

Cuadro 43: Costo por partida de presupuesto de colocación por metro cubico de material de afirmado sin aditivo.

Presupuesto 0201001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA							
Sub presupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA							
Partida	01.01	MOBILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1.00	EQ.	1.00	CUD : glb	160.48
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	16.31	130.48	
							130.48
	Materiales						
0201010002	MOBILIZACION Y DESMOBILIZACION DE EQUIPOS	glb		1.0000	30.00	30.00	
							30.00
Partida	02.01	EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	300.00	EQ.	300.00	CUD : m3	24.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	22.86	0.61	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0267	16.31	0.44	
							1.05
	Materiales						
0271050001	AFIRMADO	m3		1.0000	18.00	18.00	
							18.00

	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.05	0.03
0301170001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0267	200.00	5.34
						5.37

Partida	02.02	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	150.00	EQ.	150.00	CUD : m3	4.33
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	Hh	1.0000	0.0533	22.86	1.22	
0101010005	PEON	Hh	2.0000	0.1067	16.31	1.74	
						2.96	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.96	0.09	
0301160002	CARGADOR FRONTAL CAT-930	Hm	0.2000	0.0107	120.00	1.28	
						1.37	

Partida	02.03	COLOCACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	20.00	EQ.	20.00	CUD: m3	118.02
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	22.86	18.29	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	17.55	14.04	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	16.31	6.52	
						38.85	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	38.85	1.17	
030110006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.4000	195.00	78.00	
						79.17	

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 43 representa el costo por cada partida donde: en movilización y desmovilización de equipos se resultó un costo de 160.48 soles, en extracción de material de afirmado de cantera se obtuvo 24.42 soles, en zarandeo de material seleccionado se obtuvo 4.33 soles y en la colocación del material de afirmado resultó 118.02 soles.

Cuadro 44: Presupuesto de colocación del material por metro cubico de material de afirmado.

Presupuesto					
Presupuesto: 0201001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA					
Cliente: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-TRUJILLO					
Lugar : LA LIBERTAD - TRUJILLO – MENOCUCHO					
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				160.48
01.01	MOBILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	160.48	160.48
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				146.77
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	24.42	24.42
02.02	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO	m3	1.00	4.33	4.33
02.03	COLOCACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO	m3	1.00	818.02	118.02
COSTO DIRECTO					307.25
					=====
TOTAL PRESUPUESTO					307.25

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 44 se resalta el presupuesto total de la colocación por metro cubico de material en campo, donde en obras preliminares resultó un costo de 160.48 soles y respecto a movimiento de tierras el costo fue de 146.77 soles, lo cual se obtuvo un total de 307.25 soles.

Cuadro 45: Costo por partida de presupuesto de colocación por metro cubico de material de afirmado con aditivo CON-AID.

Presupuesto 0201001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA							
Sub presupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA							
Partida	01.01	MOBILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1.00	EQ.	1.00	CUD : glb	160.48
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	16.31	130.48	
						130.48	
	Materiales						
0201010002	MOBILIZACION Y DESMOBILIZACION DE EQUIPOS	glb		1.0000	30.00	30.00	
						30.00	

Partida	02.01	EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	300.00	EQ.	300.00	CUD : m3	24.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	22.86	0.61	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0267	16.31	0.44	
						1.05	
	Materiales						
0271050001	AFIRMADO	m3		1.0000	18.00	18.00	
						18.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.05	0.03	
0301170001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0267	200.00	5.34	
						5.37	

Partida	02.02	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	150.00	EQ.	150.00	CUD : m3	4.33
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	22.86	1.22	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1067	16.31	1.74	
						2.96	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.96	0.09	
0301160002	CARGADOR FRONTAL CAT-930	hm	0.2000	0.0107	120.00	1.28	
						1.37	

Partida	02.03	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE AFIRMADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	20.00	EQ.	20.00	CUD: m3	818.02
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	22.86	18.29	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	17.55	14.04	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	16.31	6.52	
						38.85	
	Materiales						
0222180001	ADITIVO CON-AID	gal		1.0000	700.00	700.00	
						700.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	38.85	1.17	
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.4000	195.00	78.00	
						79.17	

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 45 representa el costo por cada partida donde: en movilización y desmovilización de equipos se resultó un costo de 160.48 soles, en extracción de material de afirmado de cantera se obtuvo 24.42 soles, en zarandeo de material seleccionado se obtuvo 4.33 soles y en la colocación del material de afirmado resulto 818.02 soles.

Cuadro 46: Presupuesto de colocación del material por metro cubico de material de afirmado CON ADITIVO CON-AID.

Presupuesto					
Presupuesto: 0201001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA ROAYA					
Cliente: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-TRUJILLO					
Lugar : LA LIBERTAD - TRUJILLO – MENOCUCHO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				160.48
01.01	MOBILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	160.48	160.48
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				846.77
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	24.42	24.42
02.02	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO	m3	1.00	4.33	4.33
02.03	COLOCACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO	m3	1.00	818.02	818.02
COSTO DIRECTO					1,007.25
					=====
TOTAL PRESUPUESTO					1,007.25

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 46 se resalta el presupuesto total de la colocación por metro cubico de material en campo, donde en obras preliminares resulto un costo de 160.48 soles y respecto a movimiento de tierras el costo fue de 846.77 soles, lo cual se determinó un costo total de presupuesto 1007.25 soles.

3.1.12. Análisis estadístico de resultados

Todas las muestras extraídas de la cantera cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$). El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple- tukey, de las resistencias al corte y capacidad de soporte, en los cuatro tratamientos independientes se plasma en las tablas 49,50.

Cuadro 47: Análisis de varianza (ANOVA) para los datos de capacidad de soporte y resistencia al corte.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	357.443	3	119.148	0.117	0.949
Dentro de grupos	16293.983	16	1018.374		
Total	16651.426	19			

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 47 se presenta un nivel de significancia de todas las muestras lo cual es 0.949.

Cuadro 48: Comparación múltiple entre las muestras de afirmado según porcentaje de aditivo.

(I) PRUEBA		Diferencia de medias (I-J)	Desviación Error	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN ADITIVO	1%	-2.82200	20.18290	0.999	-60.5657	54.9217
	2%	-5.05700	20.18290	0.994	-62.8007	52.6867
	3%	-11.46900	20.18290	0.940	-69.2127	46.2747
1%	SIN ADITIVO	2.82200	20.18290	0.999	-54.9217	60.5657
	2%	-2.23500	20.18290	0.999	-59.9787	55.5087
	3%	-8.64700	20.18290	0.973	-66.3907	49.0967
2%	SIN ADITIVO	5.05700	20.18290	0.994	-52.6867	62.8007
	1%	2.23500	20.18290	0.999	-55.5087	59.9787
	3%	-6.41200	20.18290	0.988	-64.1557	51.3317
3%	SIN ADITIVO	11.46900	20.18290	0.940	-46.2747	69.2127
	1%	8.64700	20.18290	0.973	-49.0967	66.3907
	2%	6.41200	20.18290	0.988	-51.3317	64.1557

Fuente: Elaboración propia.

En esta prueba tukey no hay variación por lo que el valor de significancia no se pasa de 1 por lo tanto en el porcentaje de aditivo 1, 2 y 3% no influye con tanta significancia respecto a la muestra sin aditivo.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se planteó factibilidad del análisis del comportamiento del material de afirmado con el uso del aditivo CON-AID con sus tres proporciones 1%, 2%, 3% donde, el resultado final se obtuvo promediando entre las dos muestras.

Según el material de afirmado se observa que la clasificación del suelo presenta como resultado, según SUCS se determinó suelo tipo GP y según AASHTO un suelo de tipo A-1-a (0), límite líquido, donde fue NP, esto quiere decir que no presenta límite líquido, entonces comparando con los requerimientos establecidos este cumple con los parámetros de calidad que establece la norma que es 35% como máximo, el límite de plasticidad e índice de plasticidad, de los cuales tampoco presentan límites plásticos ni índice de plasticidad y no cumple con los requerimientos, porque según la norma para ser un material de afirmado ese debe contener por lo mínimo 4% - 9% de índice de plasticidad en el suelo, entonces para ello se realizó el ensayo de corte directo para obtener la cohesión del suelo utilizando sus respectivas proporciones donde resultó que sin aditivo este no presenta cohesión, entonces se agregó el 1% del aditivo dando como resultado una cohesión de 0.11 kg/cm², con 2% se elevó a 0.19 kg/cm² y con 3% se incrementó a 0.25 kg/cm², por lo tanto al obtener cohesión el suelo este garantiza que ya es apto para ser utilizado como material de afirmado. También se obtuvo un contenido de humedad de 1.73%. y un desgaste de 15.52%, estando dentro del rango del 50% como máximo que establece el reglamento.

Con respecto a la compactación del material, resultó que sin utilizar el aditivo se obtuvo una máxima densidad seca de 1.809 g/cm³, y con la adición de 1%, 2% y 3% del aditivo resulta una máxima densidad seca de 1.855 kg/cm³, 1.824 kg/cm³, 1.818 kg/cm³ respectivamente, por lo cual se ve que al utilizar el 1% del aditivo la densidad aumenta con respecto al resultado sin aditivo y utilizando el 2% y 3% la densidad disminuye en comparación con la adición de 3% del aditivo, de la misma manera sucede para el óptimo contenido de humedad donde sin utilizar el aditivo CON-AID resultó 6.07% y con la incorporación de los 3 porcentajes del aditivo se obtuvo 6.21%, 5.92%, 6.07%, donde también se observa que con la incorporación del 1% dicho aditivo la humedad se elevó respecto a la humedad sin aditivo y con el 2% del aditivo la humedad disminuye respectivamente y con el 3% aumenta considerablemente.

En cuanto al CBR sin aditivo éste resultó 57.51% pasando de los requerimientos establecidos en la norma donde se requiere que para material esté apto para ser utilizado como afirmado debe tener un CBR mínimo de 40%, con la adición del 1% éste sigue aumentando a 61.07%, lo mismo sucede para 2% que incrementa a 66.35% y para el 3% sube relativamente a 82.41% dando una capacidad de soporte alta para ser un material de afirmado.

Estudios similares realizaron los tesisistas, Sangama y Morales (2018), en su investigación: “Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo CON-AID Súper en la carretera departamental tramo: Emp. SM - 100 – alto Roque – Buena Vista, km. 6+000 al km 6+800. Distrito de San Martín de Alao – Provincia del Dorado – San Martín”, donde, según sus estudios realizados a las características del extracto extraído, estos resultados obtenidos muestran mejoras en mayor parte de las propiedades del suelo, resultando una máxima densidad y óptimo contenido de humedad. Así también, se obtuvo resultados del valor de CBR en porcentajes de 42% con adición de aditivo de 1.5% y con respecto al material sin aditivo se determinó un CBR de 5.90%.

El costo de la colocación por metro cúbico del material de afirmado sin aditivo y con aditivo, en la tabla 44 presenta un costo de colocación de afirmado sin aditivo de 307.25 soles y en la tabla 46 se muestra el costo de colocación de afirmado con aditivo CON-AID de 1007.25 siendo mucho mayor al costo sin aditivo.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al desarrollo del trabajo de investigación, llegamos a las conclusiones siguientes:

1. El material estudiado presenta un CBR elevado sin aditivo, cumpliendo los requerimientos normativos, por ende, para ser usado como material de afirmado éste no necesita el uso del aditivo.
2. La mezcla mejora su resistencia al utilizar el aditivo CON-AID, dando una mejor estabilidad y una mejor resistencia al corte.
3. El porcentaje óptimo para este estudio es el 3%, porque este le da una mejora a la densidad y contenido de humedad y lo más importante es da más elevada cohesión al suelo mejorando la resistencia al corte, lo cual garantiza que el material está apto para el uso del material como capa de afirmado y que este no se desprenderá fácilmente.
4. El costo de colocación por m³ de material sin aditivo y con aditivo es un costo considerable.
5. El aditivo CON-AID se presenta como una excelente alternativa como estabilizador en el material de afirmado y se puede usar donde el suelo tenga una baja capacidad de soporte (CBR).
6. En el análisis estadístico (ANOVA) se concluye que su variación es 0.949 entre todas las muestras estadísticamente analizadas donde la significancia está muy cerca de 1 y es mayor que 0.05 ($p > 0.05$) lo cual quiere decir que no hay mucha diferencia en los valores obtenidos de la dosificación del aditivo dado en la muestra de material de afirmado, en la tabla 50 se da cuenta de las comparaciones múltiples entre las muestras y dosificación, donde la significancia del patrón con respecto al 1% del aditivo ($p > 0.05$) supera el 0.05, lo cual no hay mucha significancia entre ellos, lo mismo sucede para 2% y 3% .

VI. RECOMENDACIONES

1. El material de afirmado ensayado debe ser el mismo a utilizar en el diseño de la capa de rodadura, debido a que un cambio en este material afectaría en el diseño; además, debe de cumplir con la gradación establecidos en el MTC 2014, para tener un material de calidad y no sea deteriorado en el futuro.
2. Se recomienda que, al utilizar el aditivo CON-AID, se realice el ensayo a especímenes de un menor espesor para determinar si se puede hacer una reducción al aspersor de la capa de rodadura y si cumple con los rangos de resistencia estructural.
3. También, se recomienda que si el material una vez ensayado, no tiene índice de plasticidad se debe realizar un ensayo de corte directo para determinar la resistencia, y si éste presenta una resistencia baja, se debe utilizar el aditivo CON-AID para que le dé cohesión y con eso mejorará la resistencia al corte.
4. Según el estudio realizado en el laboratorio, se recomienda utilizar aditivo CON-AID para la capa de base, ya sea en carreteras pavimentadas o no pavimentadas, porque este aditivo mejora la capacidad de soporte, también aumenta la resistencia y de esa manera la base sería mejorada en su mayoría.

REFERENCIAS

ALTAMIRANO, José y DÍAZ, Exequiel. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Tesis (Ingeniero Civil). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingenierías, 2015.113 pp.

AMERICAN SOCIETY for Testing and Materials, Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock – ASTM D - 2216. U.S, 2019.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/D2216.htm>

AMERICAN SOCIETY for Testing and Materials, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System – SUCS) – ASTM D-2487. U.S, 2017.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/D2487>

AMERICAN SOCIETY for Testing and Materials, Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils - ASTM D- 1883. U.S, 2016.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/D1883>

AMERICAN SOCIETY for Testing and Materials, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO) – ASTM D-3282. U.S, 2015.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/D3282.htm>

AMERICAN SOCIETY for Testing and Materials, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, ASTM D-3080. U.S, 2011.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/D3080.htm>

BALBOA, Cristina. Estudio del material afirmado para el terraplén de carreteras chasquitambo. Tesis (Ingeniera Civil). Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería, 2019. 91pp.

BADA, Flor. Aplicación del aditivo químico CON - AID para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca-Bambas (km73+514-km123+535) de la Ruta Nacional PE- 3NA. Tesis (Maestro en Transporte). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela de Postgrado, 2016. 171 pp.

CARRANZA, Antonella y FERNÁNDEZ, Delia. Aplicación de los aditivos Proes y CON - AID para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la sub rasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, la libertad-2018. Tesis (Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 428 pp.

CASTILLO, Paolo. Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018”. Tesis (Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 403 pp.

CUADROS, Claudia. Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016. Tesis (Ingeniera Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2017. 229 pp.

CON-AID, Cbr Plus. Guidelines for the Conaid / Cbr Plus Soil Stabilizer. Disponible en http://www.conaid.co.za/Con-Aid%20_%20CBR%20Plus%20home.html

CON-AID, Argentina S.A. Estabilización química de suelos. Disponible en <http://www.conaid.com.ar/descargas/Documento-11.pdf>

CON-AID,CbrPlus. Material safety data sheet. Disponible en http://www.conaid.co.za/Con-Aid%20_%20CBR%20Plus%20home.html

FREZZA, Bruno. Estabilização de solo arenoso com aditivo CON-AID® CBR-PLUS®. Artículo (Engenheiro Civil). Brasil: Universidade do Extremo Sul Catarinense, Curso de Engenharia Civil, 2015. 19 pp.

Disponible en
<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4060/1/Bruno%20Saccon%20Frezza.pdf>

GÓMEZ, Eduardo, GÜILLÍN, William, GALLARDO, Jesús. Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante. [en línea]. Marzo-agosto 2016, n° 20. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2019].

Disponible en <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/11682>

p-ISSN: 0123-921X

MARTINEZ, Axel. Guía corta para los estudiantes – Materiales de construcción [En línea] 20 de setiembre del 2016. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019].

Disponible en <https://es.slideshare.net/AxelMartnezNieto/humedad-de-los-agregados-axel-martinez-nieto>

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 207 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 115 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 132 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 111 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 110 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras – Sección suelos y pavimentos. R.D. N°10-2014-MTC/14. Perú. Abril del 2014.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 108– 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 107 – 2000. R.D. N°18-2016-MTC/14. Perú. Mayo del 2016.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras – Especificaciones técnicas generales para construcción. R.D. N°22-2013-MTC/14. Perú. Junio del 2013.

NÚÑEZ, Xavier. Análisis de la Estabilización del Material de Cantera km 02 + 700 de la Ruta CU – 123 San Jerónimo Mayumbanba, con la Adición de Estabilizante Iónico. Tesis (Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2015. 225 pp.

Nesterenko, Darko 2017. Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú. En E. Carrera (Dir.), I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET, (pp. 15-26). Lima: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3474/MAS_ICIV-L_043.pdf?sequence=2&isAllowed=y

OROBIO, Armando. Consideraciones para el diseño y construcción de vías en afirmado estabilizadas con cloruro de calcio. [en línea]. Febrero-marzo 2011, n° 78. [fecha de Consulta: 20 de septiembre de 2019].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622372009>

ISSN: 0012-7353

UTEST, equipo para ensayos de materiales. Máquina de Abrasión Los Ángeles UTA-0600 versión 60 Hz, 2015.

Disponible en <http://www.utest.com.tr/es/25827/M-quina-de-Abrasi-n-Los-ngeles>

SANGAMA, Mary y MORALES, Joel. Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo CON - AID Súper en la carretera departamental tramo: Emp. SM - 100 – Alto Roque – Buena Vista, km. 6+000 al km 6+800. Distrito de San Martín de Alao – Provincia del Dorado – San Martín. Tesis (Ingeniero Civil). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2018. 96 pp.

SILVA, Javier. Soluciones en vías de acceso estabilización con geomallas y aditivo iónico Conaid [en línea]. Lima: Docplayer. [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2019].

Disponible en <https://docplayer.es/690434-Soluciones-en-vias-de-acceso-estabilizacion-con-geomallas-y-aditivo-ionico-con-aid.html>

TERRONES, Andrea y HENRIQUEZ, Juan. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector barraza, trujillo – 2018. Tesis (Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada Del Norte, Facultad de Ingeniería civil, 2018. 385 pp.

ANEXOS



Figura 1: Malla clasificadora de agregado ubicada en la cantera Roaya.



Figura 2: Parte del volumen del material extraído.



Figura 3: Tamices granulométricos.

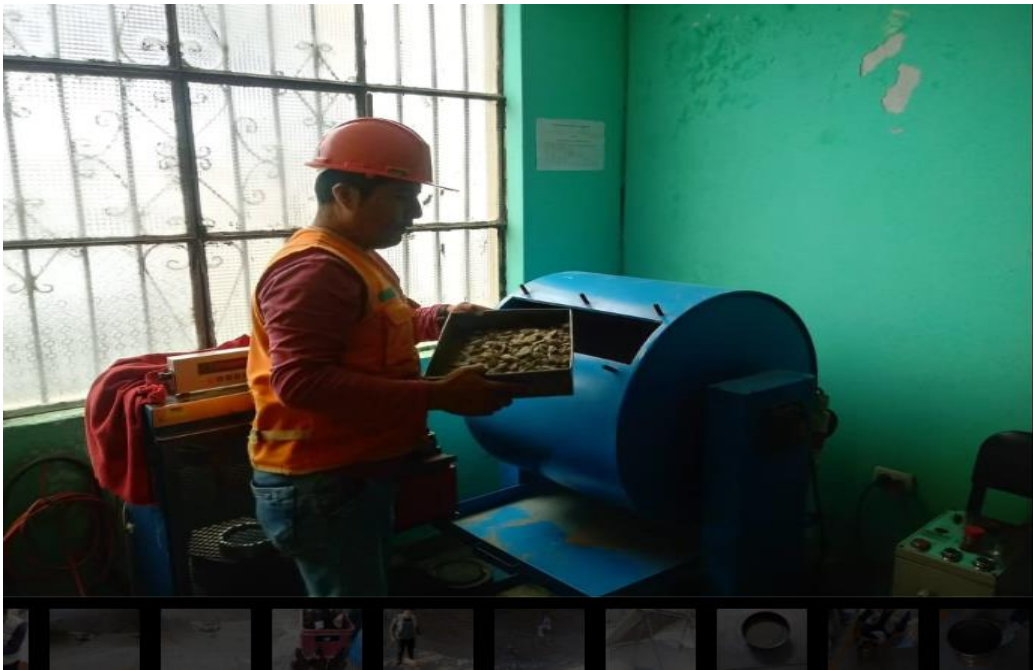


Figura 4: Maquina de los ángeles.



Figura 5: Equipo de CBR.



Figura 6: Ensayo de CBR y proctor modificado



Figura 7: Equipo de corte de directo



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - RIGÓN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

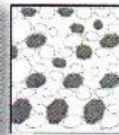
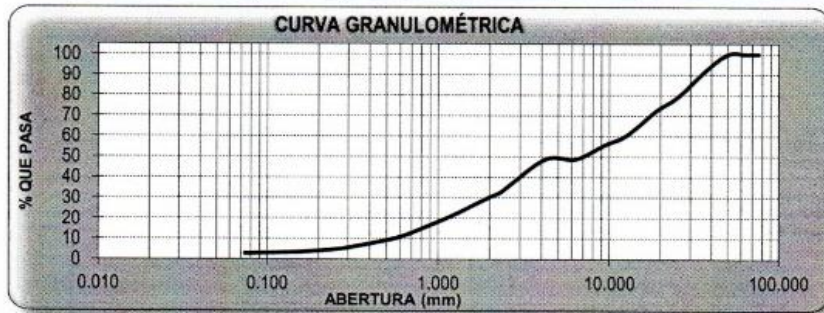
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1844.69

Peso perdido por lavado : 55.31

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.63%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
						Limites e índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	142.94	7.15	7.15	92.85	L Líquido : NP
1"	25.400	274.29	13.71	20.86	79.14	L Plástico : NP
3/4"	19.050	132.70	6.64	27.50	72.50	Ind. Plasticidad : NP
1/2"	12.700	241.04	12.06	39.56	60.44	
3/8"	6.525	92.35	4.62	44.17	55.83	
1/4"	6.350	140.34	7.02	51.19	48.81	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	4.10	0.21	51.39	48.61	Clas. SUCS : GP
No8	2.360	307.68	15.38	66.77	33.23	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No10	2.000	58.27	2.91	69.68	30.31	Descripción de la Muestra
No16	1.180	187.13	9.36	79.04	20.96	
No20	0.850	101.39	5.07	84.11	15.89	SUCS: Grava mal graduada con arena
No30	0.600	100.06	5.00	89.11	10.89	
No40	0.420	57.51	2.88	91.99	8.01	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena
No50	0.300	45.73	2.29	94.27	5.73	/ Excelente a bueno
No60	0.250	18.39	0.92	95.19	4.81	
No80	0.180	19.13	0.96	96.15	3.85	Tiene un % de finos de = 2.77%
No100	0.150	7.29	0.36	96.51	3.49	
No200	0.074	14.44	0.72	97.23	2.77	Descripción de la Calicata
< No200		55.31	2.77	100.00	0.00	T-1 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



D10 : 0.5443

D30 : 1.9724

D60 : 12.3895

Cu : 22.76

Cc : 0.58



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

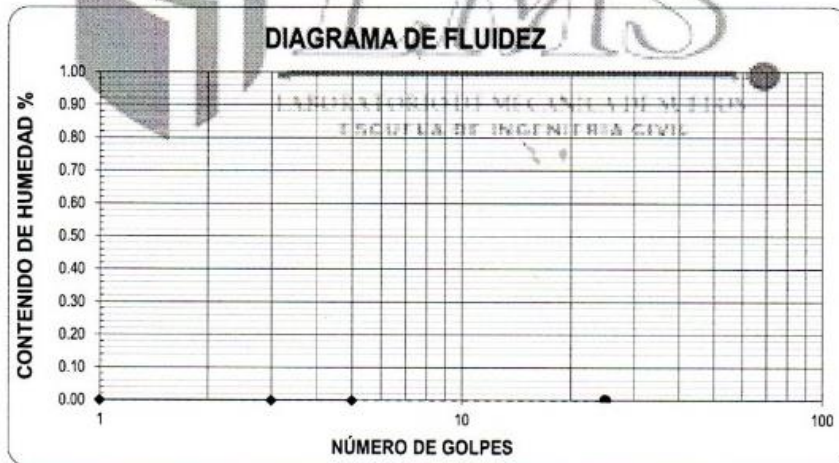
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Liquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
ASTM D - 2216	
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD
SOLICITANTE	: ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI
RESPONSABLE	: ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN	: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA	: OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)
MUESTRA	: T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ASTM D-2216				
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	
Peso del tarro (g)	51.59	51.78	48.62	
Peso del tarro + suelo humedo (g)	223.54	240.22	226.40	
Peso del tarro + suelo seco (g)	220.77	237.05	225.68	
Peso del suelo seco (g)	169.18	185.27	177.06	
Peso del agua (g)	2.77	3.17	2.72	
% de humedad (%)	1.64	1.71	1.54	
% de humedad promedio (%)	1.63			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

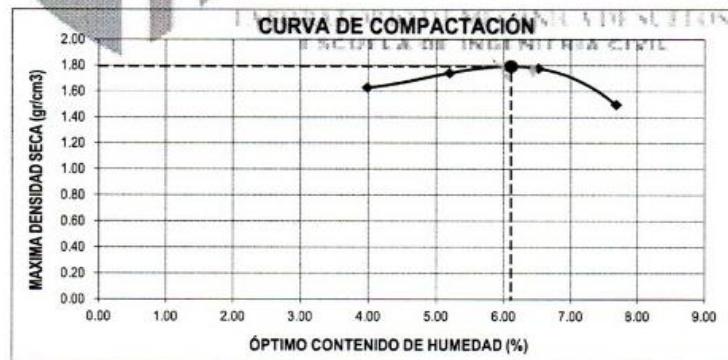
UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9350	9640	9770	9180		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3550	3840	3970	3380		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.69	1.83	1.89	1.61		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	158.47	172.14	150.31	187.35		
Peso del suelo seco + tara (g)	153.00	164.43	142.12	175.12		
Peso del agua (g)	5.47	7.71	8.19	12.23		
Peso de la tara (g)	15.74	16.09	16.64	15.94		
Peso del suelo seco (g)	137.26	148.34	125.48	159.18		
% de humedad (%)	3.98	5.20	6.53	7.69		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.63	1.74	1.78	1.60		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.793
Óptimo contenido de humedad (%)	6.11

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11205		11405		11587	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3650		3850		4032	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.723		1.817		1.903	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.54		99.17		93.08	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	83.02		94.02		88.33	
Peso del agua (g)	4.52		5.15		4.75	
Peso de la cápsula (g)	9.96		10.14		10.55	
Peso del suelo seco (g)	73.06		83.89		77.78	
% de humedad (%)	6.19		6.14		6.11	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.622		1.712		1.793	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.579	0.579	0.456	0.596	0.469	0.629	0.629	0.495	0.495
48 hrs	0.621	0.621	0.489	0.637	0.502	0.720	0.720	0.567	0.567
72 hrs	0.712	0.712	0.561	0.729	0.574	0.778	0.778	0.613	0.613
96 hrs	0.712	0.712	0.561	0.729	0.574	0.778	0.778	0.613	0.613

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO
		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	23	220.59	73.55	40	363.30	121.13	66	581.74	193.96
0.050	38	346.51	115.53	73	640.59	213.58	115	994.01	331.42
0.075	60	531.31	177.15	104	901.39	300.54	155	1331.13	443.82
0.100	88	766.74	255.64	141	1213.08	404.46	198	1682.06	564.16
0.125	115	994.01	331.42	172	1474.56	491.64	241	2057.70	686.07
0.150	143	1229.94	410.08	202	1727.91	576.11	278	2371.03	790.54
0.200	195	1668.77	556.40	255	2178.21	725.58	339	2888.57	963.10
0.300	269	2294.77	765.11	325	2769.69	923.46	416	3543.58	1181.49
0.400	312	2659.35	886.67	368	3135.04	1045.27	462	3935.81	1312.26
0.500	324	2761.20	920.63	387	3296.67	1099.16	484	4123.63	1374.89



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

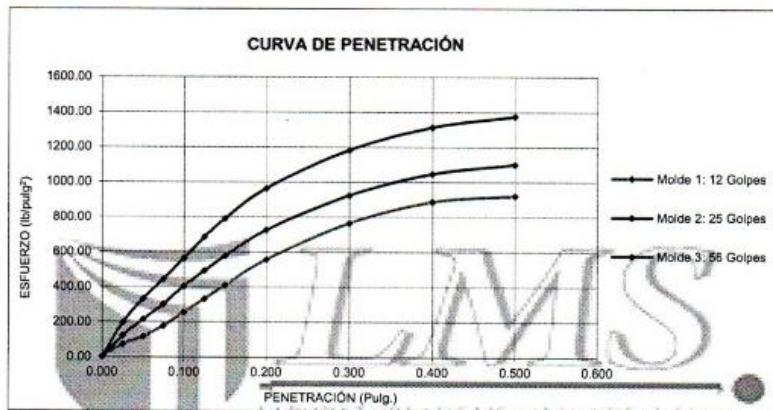
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



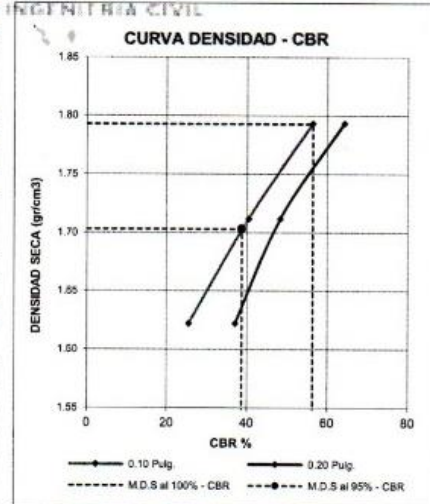
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	255.64	1000	25.56	1.622
2	0.100	404.46	1000	40.45	1.712
3	0.100	564.16	1000	56.42	1.793

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	556.40	1500	37.09	1.622
2	0.200	725.58	1500	48.37	1.712
3	0.200	963.10	1500	64.21	1.793

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.793
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.703
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.11
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	56.42
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	38.73

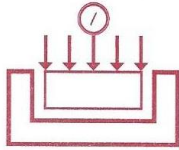


CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID
PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD
SOLICITA: ACOSTA PEÑA, JORGE LUIS / IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI
UBICACIÓN: MENOCUCHO - LAREDO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 25 DE OCTUBRE DEL 2019

CANTERA:	ROAYA
CLASE DE MATERIAL:	GRAVA UNIFORME

ENSAYO DE ABRASION Graduación Maquina: 500 Revoluciones

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del Agregado (%)
3/4" a N° 4	5000	4249	751	15.02
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				15.02 %

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Jose Cristhian Huertas Martel
Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.I.P. 148108



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA, JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

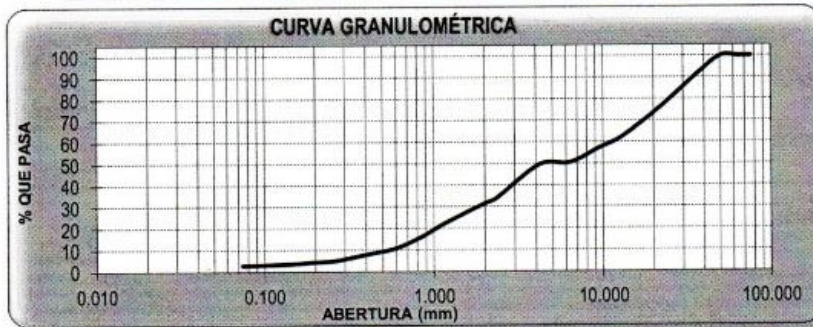
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1942.73

Peso perdido por lavado : 57.27

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.83%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
Limites e Índices de Consistencia						
1 1/2"	38.100	144.92	7.25	7.25	92.75	L. Líquido : NP L. Plástico : NP Ind. Plasticidad : NP
1"	25.400	247.23	12.36	19.61	80.39	
3/4"	19.050	165.73	8.29	27.89	72.11	
1/2"	12.700	204.41	10.22	38.11	61.89	Clasificación de la Muestra Clas. SUCS : GP Clas. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.525	93.32	4.67	42.78	57.22	
1/4"	6.350	134.40	6.72	49.50	50.50	
No4	4.75	20.40	1.02	50.52	49.48	Descripción de la Muestra SUCS : Grava mal graduada con arena AASHTO : Fragmentos de roca, grava y arena Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 2.86%
No8	2.360	306.87	15.34	65.86	34.14	
No10	2.000	52.78	2.64	68.50	31.50	
No18	1.180	178.13	8.91	77.41	22.59	Descripción de la Calicata T-2 : E-1 Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
No20	0.850	130.61	6.53	83.94	16.06	
No30	0.600	106.00	5.30	89.21	10.79	
No40	0.420	51.57	2.58	91.79	8.21	SUCS : Grava mal graduada con arena AASHTO : Fragmentos de roca, grava y arena Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 2.86%
No50	0.300	47.35	2.37	94.16	5.84	
No60	0.250	19.83	0.99	95.15	4.85	
No80	0.180	13.19	0.66	95.81	4.19	Descripción de la Calicata T-2 : E-1 Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
No100	0.150	9.72	0.49	96.29	3.71	
No200	0.074	16.87	0.84	97.14	2.86	
< No200		57.27	2.86	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



D10	: 0.5449
D30	: 1.8622
D60	: 11.4170
Cu	: 20.85
Cc	: 0.56



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

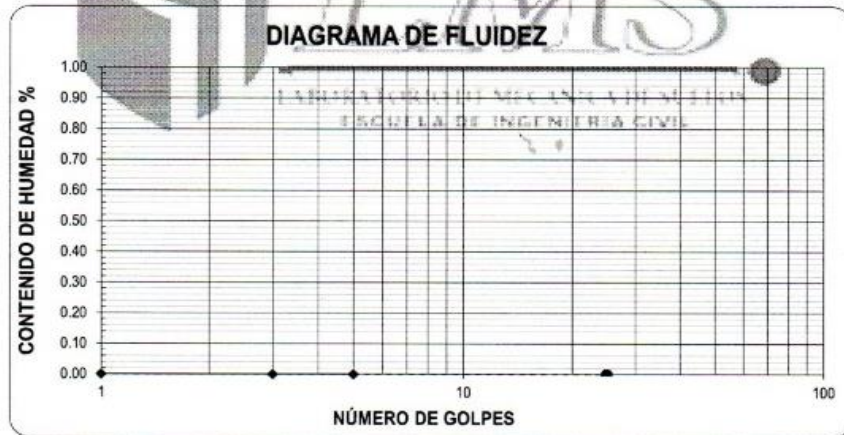
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Limites %	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE RESPONSABLE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI
ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	59.65	57.56	49.63
Peso del tarro + suelo humedo (g)	198.56	187.63	183.98
Peso del tarro + suelo seco (g)	196.00	185.30	181.60
Peso del suelo seco (g)	136.35	127.74	131.97
Peso del agua (g)	2.56	2.33	2.38
% de humedad (%)	1.88	1.82	1.80
% de humedad promedio (%)	1.83		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

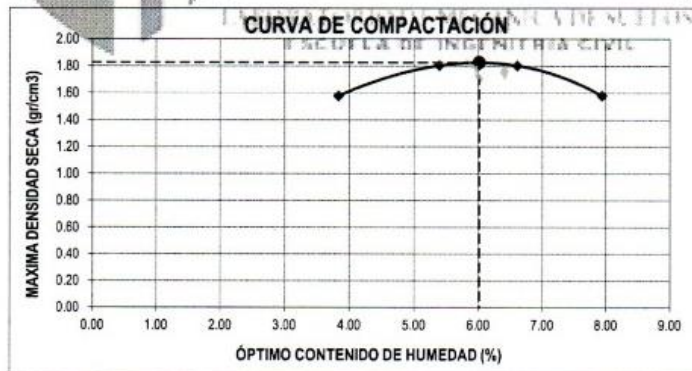
UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2096
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9240	9790	9835	9380		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3440	3990	4035	3580		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.64	1.90	1.92	1.71		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	156.61	174.82	151.31	191.43		
Peso del suelo seco + tara (g)	151.39	166.70	142.96	178.54		
Peso del agua (g)	5.22	8.12	8.35	12.88		
Peso de la tara (g)	15.58	16.34	16.76	16.28		
Peso del suelo seco (g)	135.84	150.36	126.21	162.26		
% de humedad (%)	3.84	5.40	6.61	7.94		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.58	1.80	1.80	1.58		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.826
Óptimo contenido de humedad (%)	6.02

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGÓIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11225		11450		11657	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3670		3895		4102	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.732		1.838		1.936	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.70		99.57		93.40	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	83.38		94.36		86.70	
Peso del agua (g)	4.34		5.20		4.71	
Peso de la cápsula (g)	9.98		10.18		10.55	
Peso del suelo seco (g)	73.38		84.19		76.15	
% de humedad (%)	5.91		6.18		6.02	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.635		1.731		1.826	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.623	0.623	0.490	0.628	0.628	0.493	0.689	0.689	0.543
48 hrs	0.658	0.658	0.517	0.663	0.663	0.522	0.753	0.753	0.593
72 hrs	0.696	0.696	0.548	0.703	0.703	0.553	0.779	0.779	0.614
96 hrs	0.696	0.696	0.548	0.703	0.703	0.553	0.779	0.779	0.614

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO
Pulg.	DIAL	lbs	lbs/pulg ²	DIAL	lbs	lbs/pulg ²	DIAL	lbs	lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	22	212.20	70.75	38	346.51	115.53	63	556.52	185.55
0.050	39	354.90	118.33	74	849.00	216.39	116	1002.43	334.23
0.075	62	548.12	182.75	107	926.65	308.96	159	1364.87	455.07
0.100	91	791.98	264.06	147	1263.66	421.33	205	1757.37	585.93
0.125	121	1044.54	348.27	180	1542.10	514.16	251	2142.34	714.29
0.150	151	1297.40	432.57	213	1820.88	607.11	291	2481.23	827.28
0.200	207	1770.17	590.20	269	2294.77	765.11	357	3041.52	1014.09
0.300	286	2438.84	813.15	344	2931.05	977.26	439	3739.61	1246.85
0.400	332	2829.12	943.27	391	3330.71	1110.51	488	4157.80	1386.28
0.500	345	2939.54	980.09	410	3492.47	1164.45	511	4354.36	1451.81

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

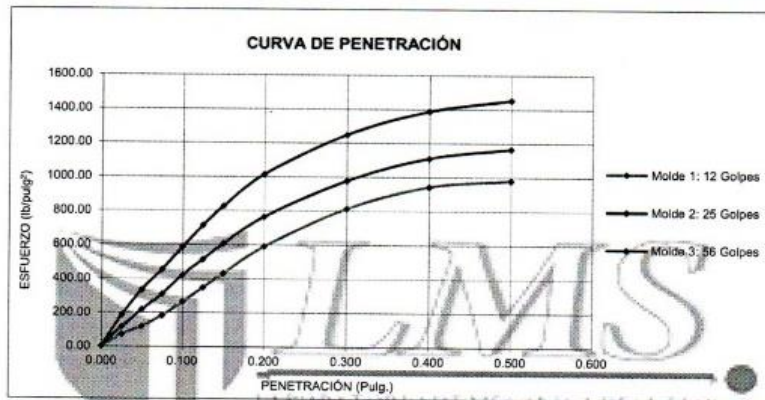
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



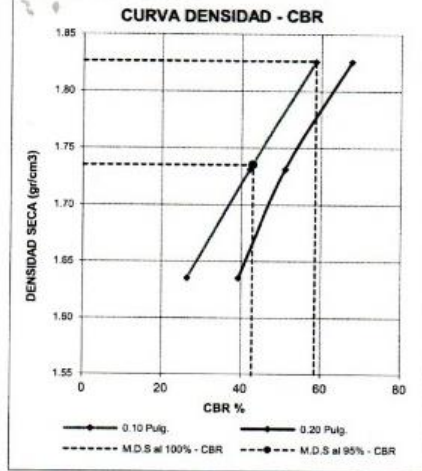
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	264.06	1000	26.41	1.635
2	0.100	421.33	1000	42.13	1.731
3	0.100	585.93	1000	58.59	1.826

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	590.20	1500	39.36	1.635
2	0.200	765.11	1500	51.01	1.731
3	0.200	1014.09	1500	67.61	1.826

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.826
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.735
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.02
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	58.59
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	42.82

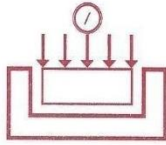


CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID
PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD
SOLICITA: ACOSTA PEÑA, JORGE LUIS / IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI
UBICACIÓN: MENOCUCHO - LAREDO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 25 DE OCTUBRE DEL 2019

CANTERA:	ROAYA
CLASE DE MATERIAL:	GRAVA UNIFORME

ENSAYO DE ABRASION Graduación Maquina: 500 Revoluciones

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del Agregado (%)
3/4" a N° 4	5000	4197	803	16.01
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				16.01 %

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Jose Christian Huertas Marte
Ing. José Christian Huertas Marte
C.I.F. 148106



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRRIGÓIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

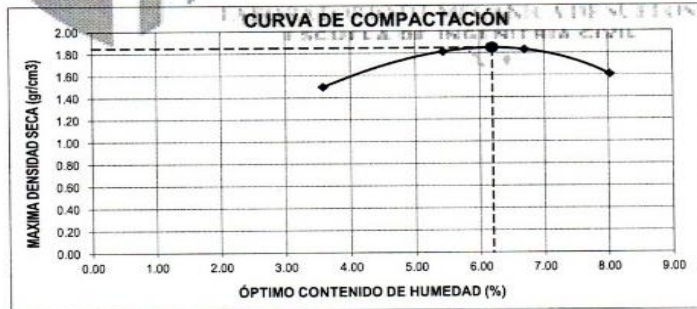
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

ADICIÓN DEL 1% DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9050	9810	9900	9445		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3250	4010	4100	3645		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.55	1.91	1.95	1.74		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	153.39	175.18	152.31	192.76		
Peso del suelo seco + tara (g)	148.61	167.00	143.80	179.65		
Peso del agua (g)	4.78	8.18	8.50	13.10		
Peso de la tara (g)	15.24	16.38	16.87	16.40		
Peso del suelo seco (g)	133.38	150.62	126.94	163.25		
% de humedad (%)	3.58	5.43	6.70	8.03		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.50	1.81	1.83	1.61		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.849
Óptimo contenido de humedad (%)	6.20

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11110		11385		11717	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3555		3840		4162	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.678		1.812		1.984	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.80		99.09		93.56	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.29		93.83		86.72	
Peso del agua (g)	4.51		5.25		4.85	
Peso de la cápsula (g)	9.88		10.13		10.55	
Peso del suelo seco (g)	72.41		83.71		78.17	
% de humedad (%)	6.23		6.27		6.20	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.579		1.704		1.849	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.614	0.614	0.484	0.631	0.631	0.497	0.671	0.671	0.529
48 hrs	0.671	0.671	0.529	0.683	0.683	0.538	0.761	0.761	0.599
72 hrs	0.675	0.675	0.532	0.692	0.692	0.545	0.773	0.773	0.609
96 hrs	0.675	0.675	0.532	0.692	0.692	0.545	0.773	0.773	0.609

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	23	220.59	73.55	39	354.90	118.33	65	573.33	191.16
0.050	40	363.30	121.13	76	665.81	221.99	119	1027.70	342.65
0.075	63	556.52	185.55	110	951.90	317.38	163	1398.62	486.32
0.100	94	817.23	272.48	151	1297.40	432.67	211	1807.62	602.69
0.125	125	1078.24	359.50	185	1584.31	528.24	259	2210.08	736.87
0.150	155	1331.13	443.82	219	1871.61	624.02	299	2549.07	849.90
0.200	213	1820.88	607.11	277	2382.56	787.71	367	3126.54	1042.44
0.300	294	2506.66	835.76	355	3024.52	1008.42	452	3850.48	1283.81
0.400	342	2914.06	971.59	402	3424.35	1141.73	503	4285.97	1429.01
0.500	355	3024.52	1008.42	423	3603.23	1201.37	527	4491.20	1497.44

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROADAY, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

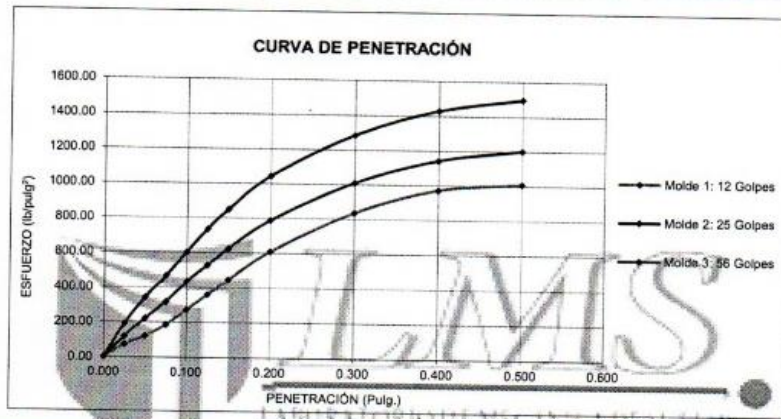
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



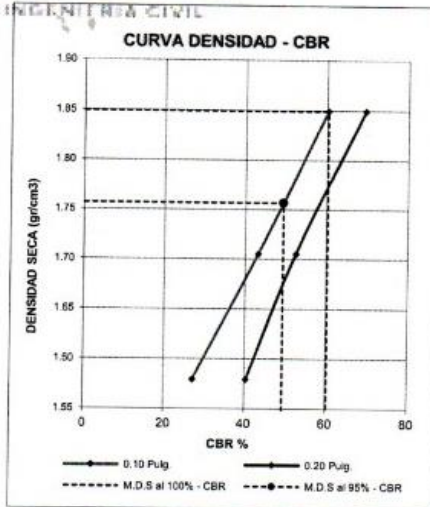
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	272.48	1000	27.25	1.579
2	0.100	432.57	1000	43.26	1.705
3	0.100	602.69	1000	60.27	1.849

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	607.11	1500	40.47	1.579
2	0.200	787.71	1500	52.51	1.705
3	0.200	1042.44	1500	69.50	1.849

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.849
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.757
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.20
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	60.27
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	49.34



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOÍN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

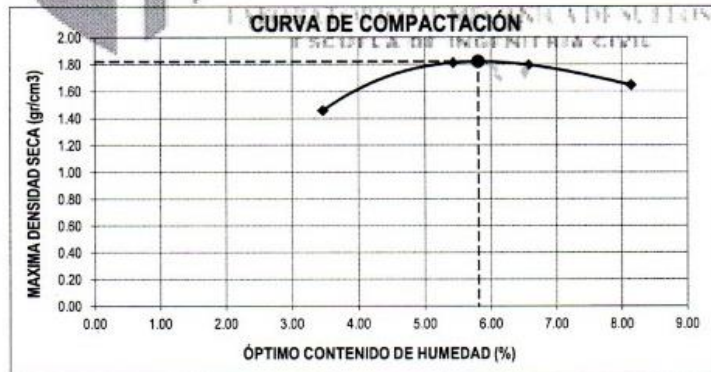
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

ADICIÓN DEL 2% DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	8965	9810	9815	9535		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3165	4010	4015	3735		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.51	1.91	1.91	1.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	151.95	175.18	151.00	194.59		
Peso del suelo seco + tara (g)	147.37	167.00	142.71	181.19		
Peso del agua (g)	4.58	8.18	8.29	13.41		
Peso de la tara (g)	15.09	16.38	16.72	16.55		
Peso del suelo seco (g)	132.27	150.62	125.99	164.63		
% de humedad (%)	3.47	5.43	6.58	8.14		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.46	1.81	1.80	1.65		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.821
Óptimo contenido de humedad (%)	5.81

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10980		11285		11838	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3425		3730		4083	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.616		1.760		1.927	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	85.78		98.13		92.68	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	81.59		93.07		88.17	
Peso del agua (g)	4.19		5.06		4.51	
Peso de la cápsula (g)	9.76		10.03		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.83		83.04		77.62	
% de humedad (%)	5.83		6.09		5.81	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.527		1.659		1.821	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.571	0.571	0.450	0.641	0.641	0.505	0.726	0.726	0.572
48 hrs	0.656	0.656	0.516	0.698	0.698	0.549	0.768	0.768	0.605
72 hrs	0.705	0.705	0.555	0.705	0.705	0.555	0.775	0.775	0.610
96 hrs	0.705	0.705	0.555	0.705	0.705	0.555	0.775	0.775	0.610

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3		
		ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	
0.025	27	254.16	84.74	46	413.69	137.93	76	565.81
0.050	45	405.29	135.13	85	741.51	247.23	134	1154.08
0.075	70	615.36	205.17	121	1044.54	348.27	181	1550.54
0.100	102	884.55	294.92	165	1415.49	471.95	231	1972.02
0.125	135	1162.50	387.60	201	1719.46	573.30	281	2396.46
0.150	167	1432.37	477.57	237	2023.65	674.79	325	2769.69
0.200	228	1947.72	649.40	298	2540.58	847.07	397	3381.78
0.300	315	2694.81	895.16	381	3245.61	1082.14	487	4149.26
0.400	365	3109.53	1036.77	431	3671.41	1224.11	541	4611.00
0.500	380	3237.11	1079.30	453	3859.01	1286.66	566	4825.10



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

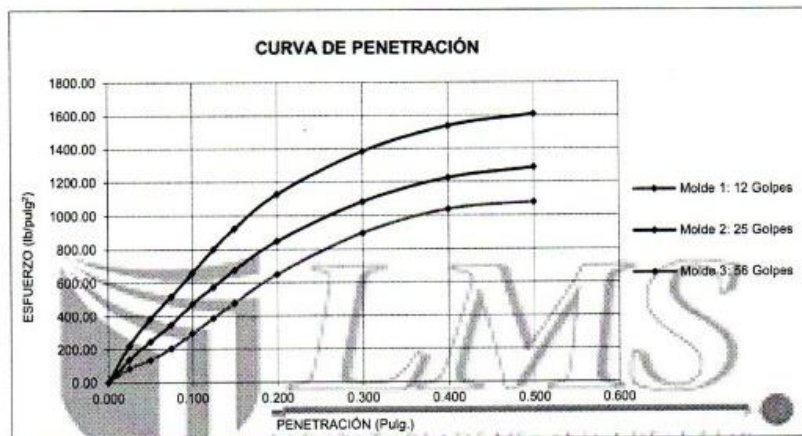
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

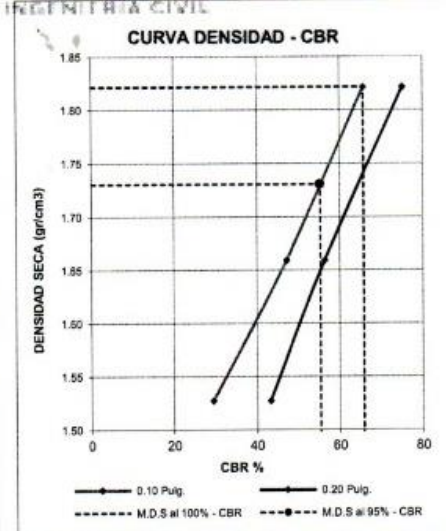

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	294.92	1000	29.49	1.527
2	0.100	471.95	1000	47.19	1.659
3	0.100	657.50	1000	65.75	1.821

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	649.40	1500	43.29	1.527
2	0.200	847.07	1500	56.47	1.659
3	0.200	1127.54	1500	75.17	1.821

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.821
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.730
Óptimo contenido de humedad	(%)	5.81
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	65.75
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	55.35



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA. UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

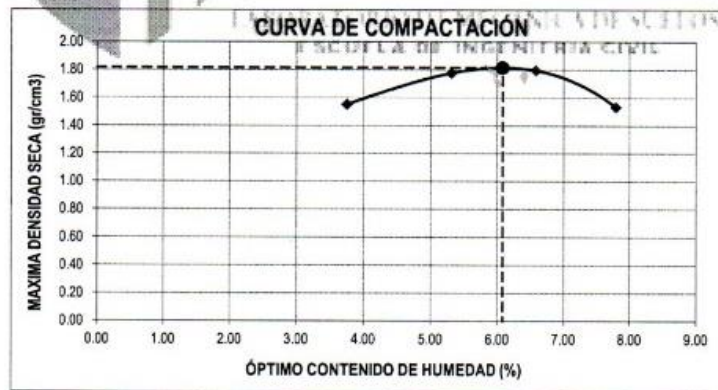
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ADICIÓN DEL 3% DEL ADITIVO CON-AID

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9180	9725	9815	9270		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3380	3925	4015	3470		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.61	1.87	1.91	1.65		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	155.59	173.66	151.00	189.18		
Peso del suelo seco + tara (g)	150.52	165.72	142.71	176.67		
Peso del agua (g)	5.07	7.94	8.29	12.52		
Peso de la tara (g)	15.45	16.24	16.72	16.09		
Peso del suelo seco (g)	135.07	149.48	125.99	160.57		
% de humedad (%)	3.75	5.31	6.58	7.80		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.55	1.78	1.80	1.53		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.816
Óptimo contenido de humedad (%)	6.08

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11095		11340		11638	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3540		3785		4083	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.671		1.786		1.927	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.68		98.61		92.68	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.32		93.42		87.97	
Peso del agua (g)	4.36		5.19		4.71	
Peso de la cápsula (g)	9.86		10.08		10.55	
Peso del suelo seco (g)	72.46		83.34		77.42	
% de humedad (%)	6.01		6.22		6.06	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.576		1.682		1.616	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.288	0.288	0.211	0.305	0.305	0.240	0.358	0.358	0.282
48 hrs	0.296	0.296	0.233	0.324	0.324	0.255	0.379	0.379	0.299
72 hrs	0.299	0.299	0.236	0.327	0.327	0.257	0.386	0.386	0.304
96 hrs	0.299	0.299	0.236	0.327	0.327	0.257	0.386	0.386	0.304

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO lbs/pulg ²
		lbs			lbs			lbs	
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	32	296.13	98.74	55	489.30	163.14	92	800.40	266.87
0.050	55	489.30	163.14	106	918.23	306.15	166	1423.93	474.76
0.075	87	758.33	252.84	152	1305.83	435.38	226	1930.80	643.76
0.100	129	1111.94	370.74	207	1770.17	590.20	290	2473.29	824.63
0.125	170	1457.69	486.02	253	2159.27	719.94	354	3016.02	1005.59
0.150	212	1812.43	604.29	299	2549.07	849.90	410	3492.47	1164.45
0.200	290	2472.75	824.45	377	3211.58	1070.79	502	4277.43	1426.16
0.300	400	3407.32	1136.05	483	4115.09	1372.04	617	5262.47	1754.59
0.400	465	3961.41	1320.80	548	4670.93	1557.36	686	5855.55	1952.34
0.500	483	4115.09	1372.04	575	4902.22	1634.48	718	6131.13	2044.22

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN

ASTM D-1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

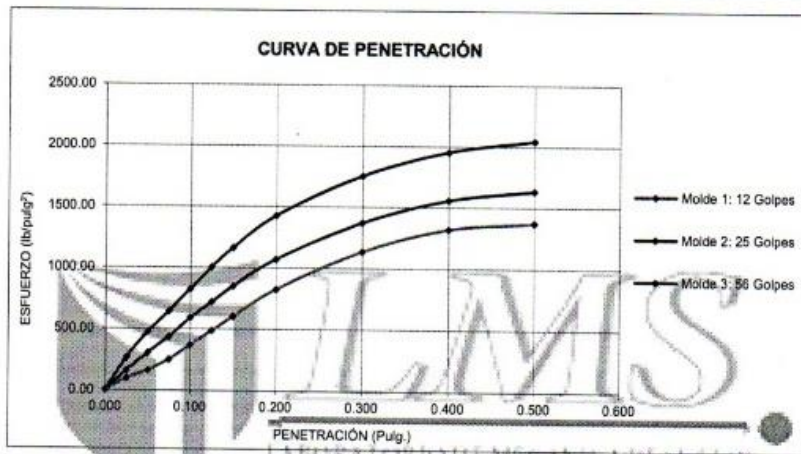
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



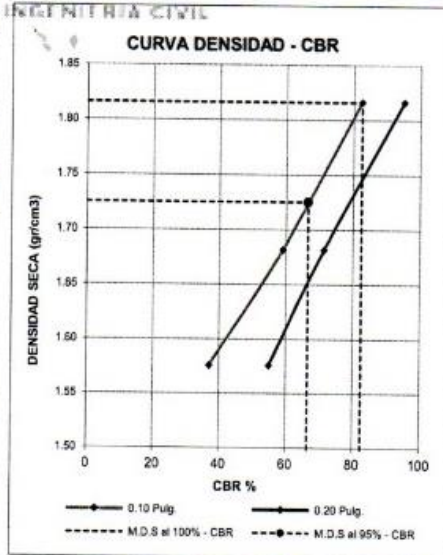
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	370.74	1000	37.07	1.576
2	0.100	590.20	1000	59.02	1.682
3	0.100	824.63	1000	82.46	1.816

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	824.45	1500	54.96	1.576
2	0.200	1070.79	1500	71.39	1.682
3	0.200	1426.16	1500	95.08	1.816

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.816
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.725
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.08
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	82.46
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	66.59



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

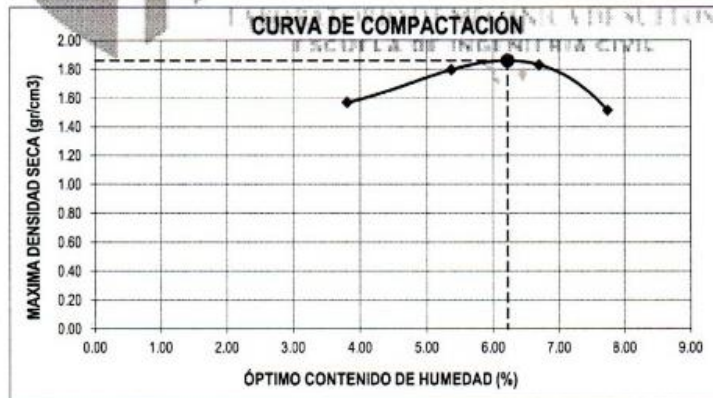
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	55

ADICIÓN DEL 1% DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9220	9770	9900	9225		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3420	3970	4100	3425		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.63	1.89	1.95	1.63		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	156.27	174.46	152.31	188.27		
Peso del suelo seco + tara (g)	151.10	166.40	143.80	175.89		
Peso del agua (g)	5.17	8.06	8.50	12.37		
Peso de la tara (g)	15.52	16.31	16.87	16.02		
Peso del suelo seco (g)	135.58	150.09	126.94	159.88		
% de humedad (%)	3.81	5.37	6.70	7.74		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.57	1.80	1.83	1.52		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.861
Óptimo contenido de humedad (%)	6.22

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		58			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11190	11440	11440	11743	11743			
Peso del molde (g)	7555	7555	7555	7555	7555			
Peso del suelo húmedo (g)	3635	3885	3885	4188	4188			
Volumen del molde (cm ³)	2119	2119	2119	2119	2119			
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085			
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.715	1.833	1.833	1.976	1.976			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.42	99.48	99.48	93.80	93.80			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.67	94.35	94.35	88.93	88.93			
Peso del agua (g)	4.75	5.13	5.13	4.88	4.88			
Peso de la cápsula (g)	9.96	10.17	10.17	10.55	10.55			
Peso del suelo seco (g)	72.73	84.18	84.18	78.38	78.38			
% de humedad (%)	6.53	6.09	6.09	6.22	6.22			
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.610	1.728	1.728	1.861	1.861			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.604	0.604	0.475	0.669	0.669	0.527	0.730	0.730	0.575
48 hrs	0.625	0.625	0.492	0.700	0.700	0.561	0.770	0.770	0.606
72 hrs	0.630	0.630	0.496	0.748	0.748	0.589	0.774	0.774	0.610
96 hrs	0.630	0.630	0.496	0.748	0.748	0.589	0.774	0.774	0.610

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	24	228.88	76.35	42	380.10	126.73	70	615.36	205.17
0.050	42	380.10	126.73	80	699.45	233.21	125	1078.24	359.50
0.075	66	581.74	193.96	114	985.59	328.61	169	1449.25	483.20
0.100	96	834.06	278.09	155	1331.13	443.82	217	1955.74	618.73
0.125	127	1095.09	365.12	189	1618.09	539.50	265	2260.89	753.82
0.150	156	1356.44	452.26	223	1905.43	635.30	306	2608.44	869.70
0.200	216	1846.24	615.57	282	2404.93	801.84	375	3194.57	1065.12
0.300	298	2540.58	847.07	360	3067.02	1022.59	460	3918.74	1306.57
0.400	346	2948.04	982.92	408	3475.44	1158.77	512	4362.91	1454.86
0.500	360	3067.02	1022.59	429	3654.36	1218.42	536	4568.21	1523.11

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

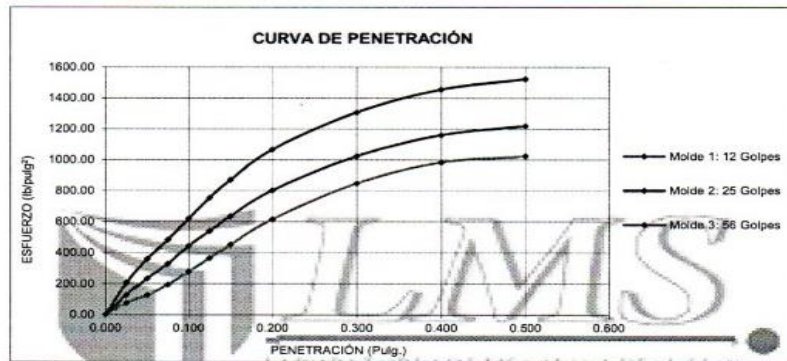
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 1% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



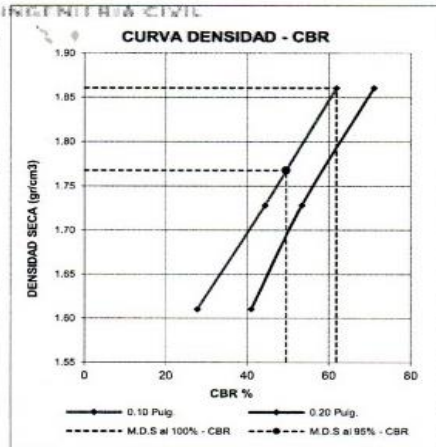
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	278.09	1000	27.81	1.610
2	0.100	443.82	1000	44.38	1.728
3	0.100	618.73	1000	61.87	1.861

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	615.57	1500	41.04	1.610
2	0.200	801.84	1500	53.46	1.728
3	0.200	1065.12	1500	71.01	1.861

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.861
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.768
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.22
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	61.87
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	49.58



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

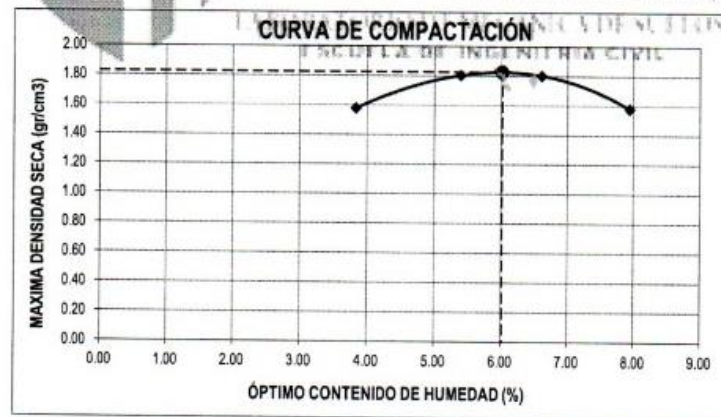
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ADICIÓN DEL 2% DEL ADITIVO CON-AID

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9240	9790	9835	9380		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3440	3990	4035	3580		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.64	1.90	1.92	1.71		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	156.61	174.82	151.31	191.43		
Peso del suelo seco + tara (g)	151.39	166.70	142.96	179.54		
Peso del agua (g)	5.22	8.12	8.35	12.88		
Peso de la tara (g)	15.58	16.34	16.75	16.28		
Peso del suelo seco (g)	135.84	150.36	126.21	162.26		
% de humedad (%)	3.84	5.40	6.61	7.94		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.58	1.80	1.80	1.58		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.826
Óptimo contenido de humedad (%)	6.02

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11225		11450		11658	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3670		3895		4103	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.732		1.838		1.936	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.70		99.57		93.40	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	83.38		94.36		88.70	
Peso del agua (g)	4.34		5.20		4.71	
Peso de la cápsula (g)	9.88		10.18		10.55	
Peso del suelo seco (g)	73.38		84.19		78.15	
% de humedad (%)	5.91		6.18		6.02	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.635		1.731		1.825	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.382	0.382	0.301	0.384	0.384	0.303	0.423	0.423	0.333
48 hrs	0.403	0.403	0.317	0.407	0.407	0.320	0.462	0.462	0.364
72 hrs	0.427	0.427	0.337	0.431	0.431	0.340	0.479	0.479	0.377
96 hrs	0.427	0.427	0.337	0.431	0.431	0.340	0.479	0.479	0.377

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	29	270.95	90.34	49	438.89	146.33	82	716.27	238.82
0.050	50	447.29	149.13	96	834.06	278.09	151	1318.23	439.52
0.075	80	699.45	233.21	139	1196.22	398.84	206	1798.38	599.61
0.100	119	1027.70	342.65	190	1628.54	542.31	230	2007.90	669.47
0.125	157	1348.00	449.44	233	1990.01	663.50	300	2619.00	873.22
0.150	195	1688.77	556.40	276	2354.08	784.89	336	2924.55	975.09
0.200	268	2286.30	762.29	349	2973.53	991.42	408	3561.84	1187.57
0.300	371	3160.55	1053.78	447	3807.83	1269.59	535	4670.55	1557.24
0.400	431	3671.41	1224.11	507	4320.16	1440.41	600	5238.00	1746.43
0.500	448	3816.36	1272.44	532	4533.68	1511.70	664	5666.29	1889.23

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

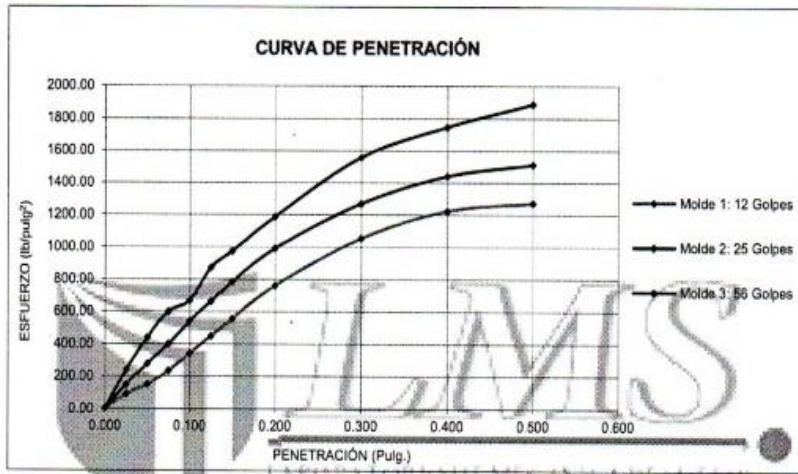
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 2% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

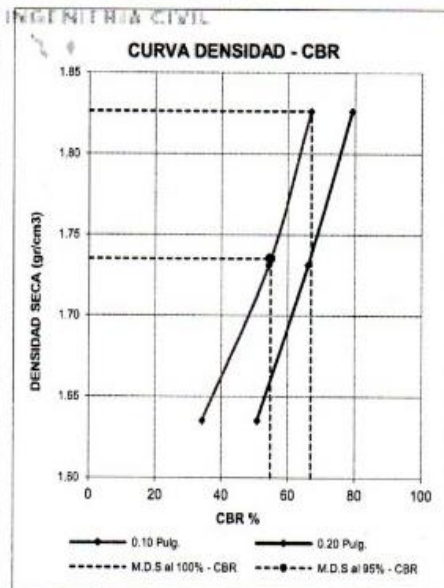
MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



VALORES CORREGIDOS					
MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	342.65	1000	34.27	1.635
2	0.100	542.31	1000	54.23	1.731
3	0.100	669.47	1000	66.95	1.826

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	762.29	1500	50.82	1.635
2	0.200	991.42	1500	66.09	1.731
3	0.200	1187.57	1500	79.17	1.826

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.826
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.735
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.02
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	66.95
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	54.76



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO C
ASTM D - 1557

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

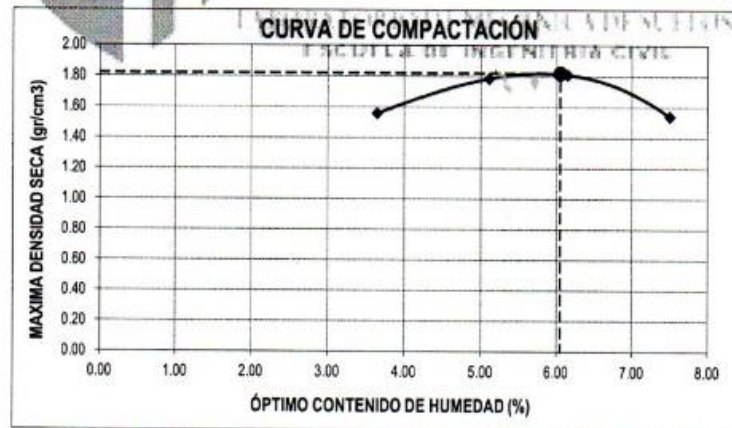
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ADICIÓN DEL 3% DEL ADITIVO CON-AID

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9186	9735	9830	9276		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3386	3935	4030	3476		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.61	1.88	1.92	1.66		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	156.98	174.13	151.30	188.00		
Peso del suelo seco + tara (g)	152.00	166.45	143.50	176.00		
Peso del agua (g)	4.98	7.68	7.80	12.00		
Peso de la tara (g)	15.48	16.24	16.72	16.08		
Peso del suelo seco (g)	136.55	150.21	126.78	159.91		
% de humedad (%)	3.65	5.11	6.15	7.50		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.56	1.78	1.81	1.54		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.820
Óptimo contenido de humedad (%)	6.05

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11095		11340		11645	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3540		3785		4090	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.671		1.786		1.930	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + capsula (g)	86.68		98.61		92.68	
Peso del suelo seco + capsula (g)	82.32		93.42		88.00	
Peso del agua (g)	4.38		5.19		4.69	
Peso de la capsula (g)	9.88		10.08		10.55	
Peso del suelo seco (g)	72.46		83.34		77.45	
% de humedad (%)	6.01		6.22		6.05	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.676		1.682		1.820	

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.270	0.270	0.212	0.307	0.307	0.242	0.359	0.359	0.283
48 hrs	0.298	0.298	0.234	0.325	0.325	0.256	0.381	0.381	0.300
72 hrs	0.301	0.301	0.237	0.328	0.328	0.259	0.387	0.387	0.305
96 hrs	0.301	0.301	0.237	0.328	0.328	0.259	0.387	0.387	0.305

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	32	296.13	98.74	55	489.30	163.14	92	800.40	266.87
0.050	55	489.30	163.14	106	918.23	306.15	166	1423.93	474.76
0.075	87	758.33	252.84	152	1305.83	435.38	226	1930.80	643.76
0.100	129	1111.94	370.74	207	1770.17	590.20	290	2470.09	823.57
0.125	170	1457.69	486.02	253	2159.27	719.94	364	3016.02	1005.59
0.150	212	1812.43	604.29	299	2549.07	849.90	410	3492.47	1164.45
0.200	290	2472.75	824.45	377	3211.68	1070.79	502	4277.43	1426.16
0.300	400	3407.32	1136.05	483	4115.09	1372.04	617	5262.47	1754.59
0.400	465	3961.41	1320.80	548	4670.93	1557.36	686	5855.55	1952.34
0.500	483	4115.09	1372.04	575	4902.22	1634.48	718	6131.13	2044.22



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DEL SUELO DE LA CANTERA ROAYA, UTILIZANDO EL ADITIVO CON-AID PARA CARRETERAS CON SUPERFICIES DE AFIRMADO - LA LIBERTAD

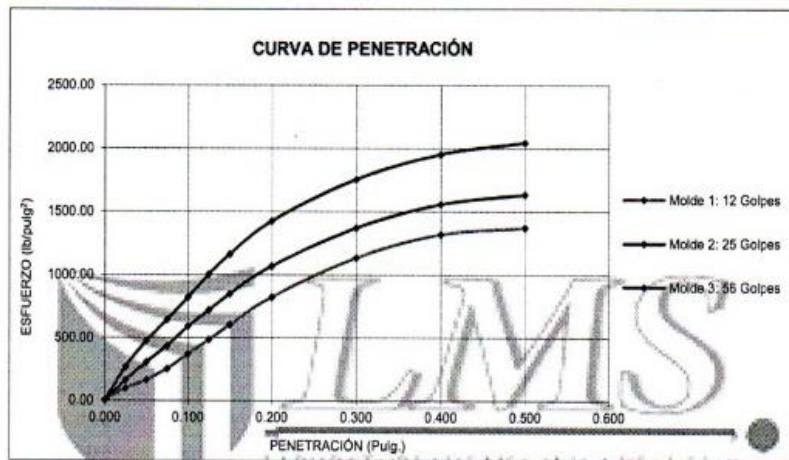
SOLICITANTE : ACOSTA PEÑA JORGE LUIS - IRIGOIN CUBAS, ALEX ROSSI

RESPONSABLE : ING BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 3% DE ADICIÓN DEL ADITIVO CON-AID

MUESTRA : T-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

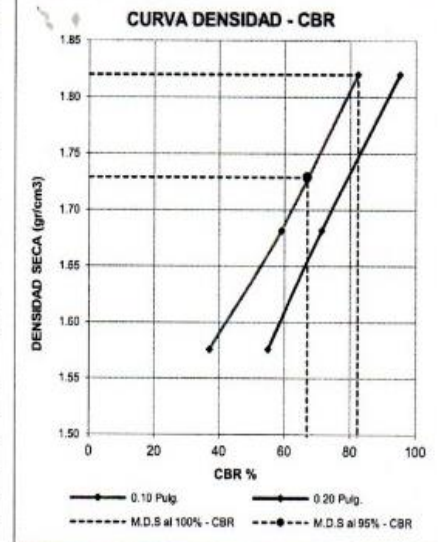

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	370.74	1000	37.07	1.576
2	0.100	590.20	1000	59.02	1.682
3	0.100	823.57	1000	82.36	1.820

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	824.45	1500	54.96	1.576
2	0.200	1070.79	1500	71.39	1.682
3	0.200	1426.16	1500	95.08	1.820

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.820
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.729
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.05
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	82.36
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	67.01

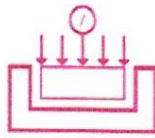


CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

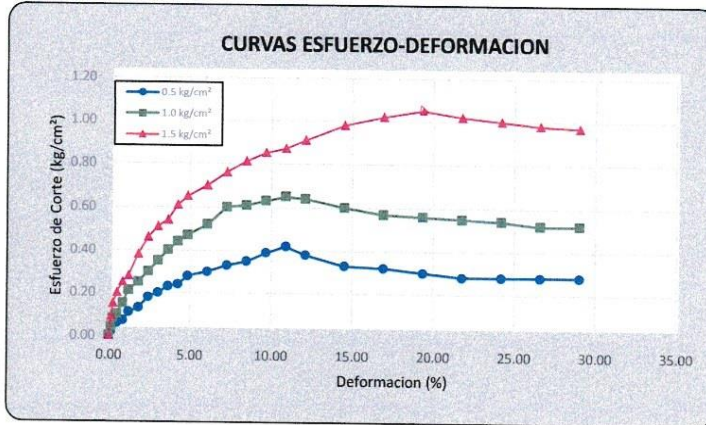


HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

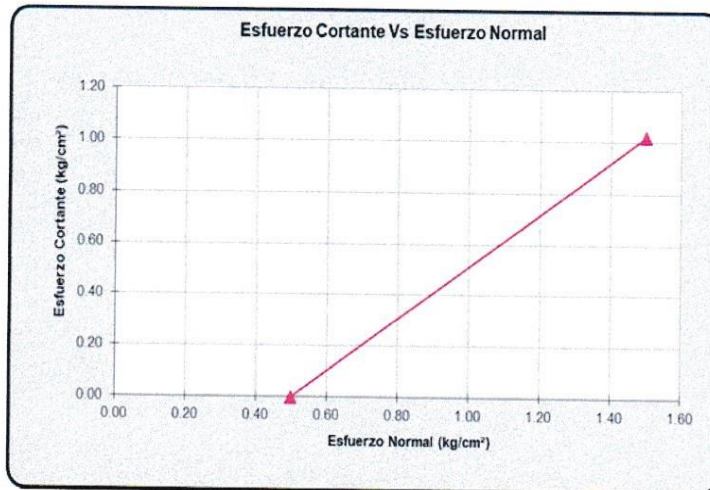
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

GRAFICAS:

Pag. 2/2



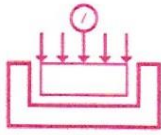
Esf. Normal (kg/cm²)	Esf. De Corte (kg/cm²)		
	Maximo	Ultimo	Residual
0.50	0.39	0.31	0.26
1.00	0.63	0.56	0.50
1.50	1.02	1.00	0.92



Parametros	Maximo
Tan ϕ :	0.61
Angulo de Friccion (ϕ):	25
Cohesion (c) kg/cm²:	NP

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Crsthan Huertas Marín
 CIP 148105

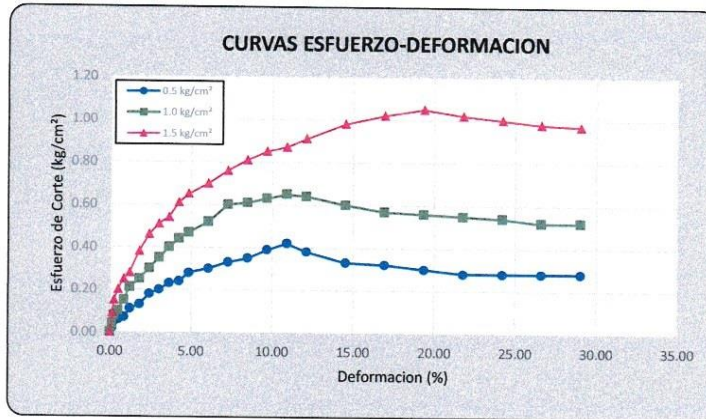


HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

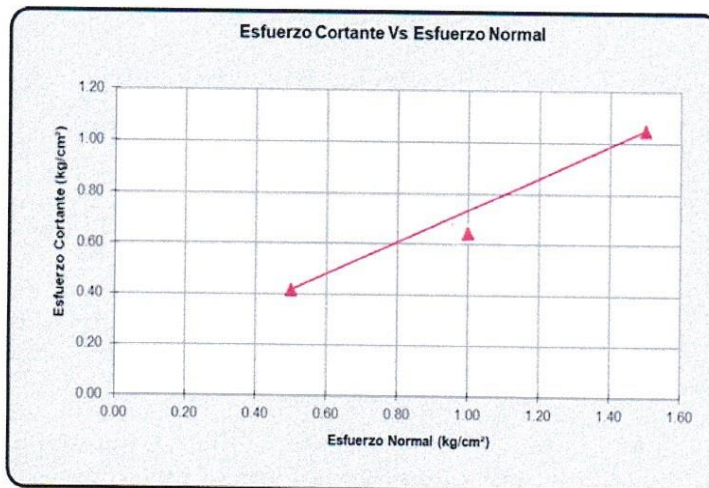
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

GRAFICAS:

Pag. 2/2



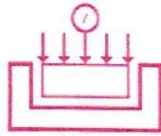
Esf. Normal (kg/cm ²)	Esf. De Corte (kg/cm ²)		
	Maximo	Ultimo	Residual
0.50	0.42	0.32	0.28
1.00	0.65	0.55	0.52
1.50	1.05	1.02	0.97



Parametros	Maximo
Tan ϕ :	0.63
Angulo de Friccion (ϕ):	32
Cohesion (c) kg/cm ² :	0.11

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martínez
 CIP 148100

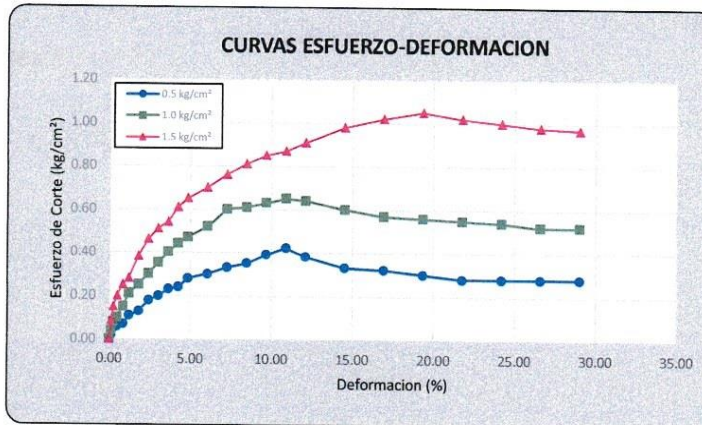


HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

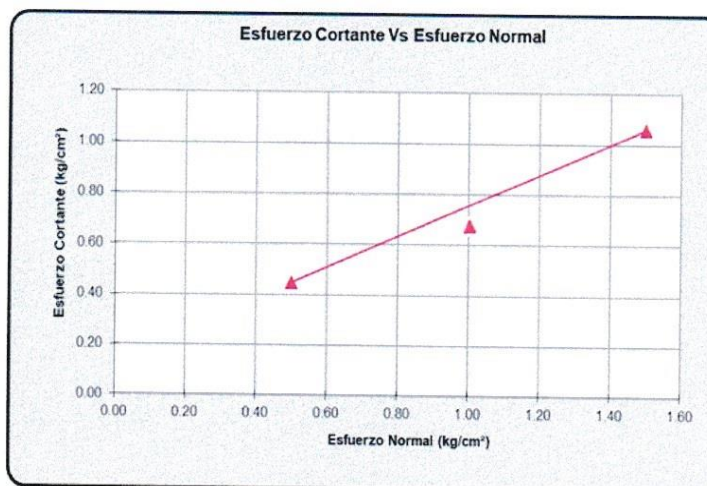
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

GRAFICAS:

Pag. 2/2



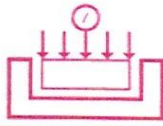
Esf. Normal (kg/cm ²)	Esf. De Corte (kg/cm ²)		
	Maximo	Ultimo	Residual
0.50	0.44	0.34	0.28
1.00	0.66	0.54	0.52
1.50	1.06	1.04	0.96



Parametros	Maximo
Tan ϕ :	0.65
Angulo de Friccion (ϕ):	33.5
Cohesion (c) kg/cm ² :	0.19

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. Jose Cristian Huertas Marín
 D.E. 148106

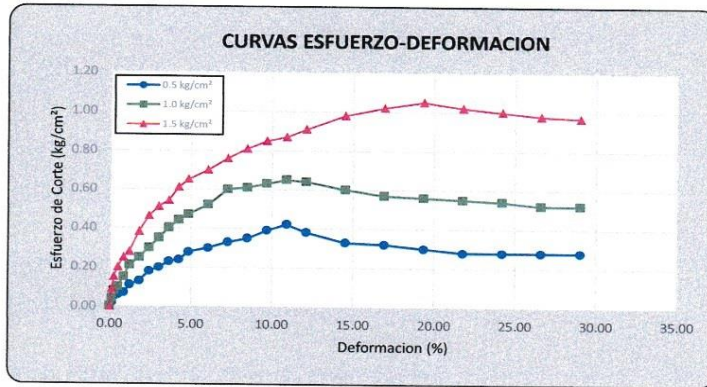


HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

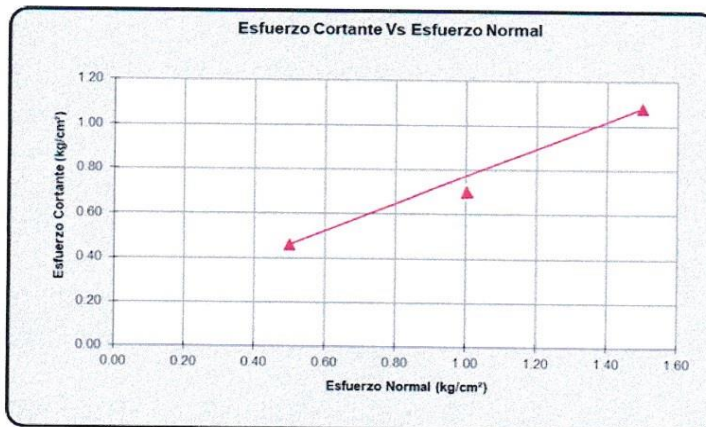
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

GRAFICAS:

Pag. 2/2



Esf. Normal (kg/cm²)	Esf. De Corte (kg/cm²)		
	Maximo	Ultimo	Residual
0.50	0.46	0.36	0.29
1.00	0.66	0.57	0.51
1.50	1.07	1.05	0.97



Parametros	Maximo
Tan ϕ	0.68
Angulo de Friccion (ϕ):	35.5
Cohesion (c) kg/cm²:	0.25

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martín
 CIP 148106