



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Estabilización con cenizas de caña de azúcar del km 00+000 al
3+000 en el distrito de Pacaipampa, Piura 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Chavez Castro, Pierina Sughey (orcid.org/0000-0003-3636-9347)

Robles Machacuay, Sergio Fernando (orcid.org/0000-0001-7650-2072)

ASESOR:

Mg. Alzamora Roman, Hermer Ernesto (orcid.org/0000-0002-3634-7710)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de tesis en primer lugar a Dios por ser nuestra fortaleza y guía, sin él no somos nada, en segundo lugar a nuestros padres por el apoyo incondicional a lo largo de nuestros años de estudio brindándonos sus consejos para superar obstáculos, a nuestros hermanos por darnos aliento para continuar y finalmente a nuestras parejas por su apoyo, comprensión y paciencia durante nuestra etapa de formación.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por otorgarnos buena salud y por todas las bendiciones a lo largo de nuestra vida, a nuestros padres por todo su amor y apoyo siempre, sin ellos no habiéramos logrado esta meta, a nuestras parejas por su comprensión y compañía, y a nuestras docentes por sus enseñanzas, su dedicación y tolerancia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	14
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos.....	24
3.6. Métodos de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Calicata y su ubicación	25
Tabla 2. Resultados Análisis Granulométrico – Suelo modelo	27
Tabla 3. Resultados Análisis Granulométrico – Suelo modelo	31
Tabla 4. Porcentaje de humedad por número de golpes C – 1	31
Tabla 5. Porcentaje de humedad por número de golpes C – 2	32
Tabla 6. Porcentaje de humedad por número de golpes C – 3	33
Tabla 7. Resultados de Proctor Modificado de muestras de suelo patrón	34
Tabla 8. Resultados de California Bearing Ratio (CBR a 1” y 2”) de C-1 (subrasante modelo)	37
Tabla 9. Resultados de California Bearing Ratio (CBR a 1” y 2”) de C-2 (subrasante modelo)	38
Tabla 10. Resultados de California Bearing Ratio (CBR a 1” y 2”) de C-3 (subrasante modelo)	39
Tabla 11. Resultados de California Bearing Ratio con adición de ceniza de caña de azúcar	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Ayabaca	23
Figura 2. Ubicación de las calicatas Caserío Palo Blanco, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Google Earth	25
Figura 3. Curva Granulométrica muestra C – 1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	28
Figura 4. Curva Granulométrica muestra C – 2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	29
Figura 5. Curva Granulométrica muestra C – 3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	30
Figura 6. Límites de Atterberg muestra C – 1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	32
Figura 7. Límites de Atterberg muestra C – 2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	33
Figura 8. Límites de Atterberg muestra C – 3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	34
Figura 9. Proctor modificado muestra C – 1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	35

Figura 10. Proctor modificado muestra C – 2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	35
Figura 11. Proctor modificado muestra C – 3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	36
Figura 12. CBR C –1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	37
Figura 13. CBR C –2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	38
Figura 14. CBR C –3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca	39
Figura 15. Comparativo CBR. Fuente: Estudio de mecánica de suelos	40

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación es estabilizar la sub rasante conformada por suelo arcilloso con ceniza de bagazo de caña de azúcar como agregado ecológico para garantizar la transitabilidad del camino vecinal desvío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa – Piura. Para la realización de este, se tomaron tres muestras del suelo que fueron llevadas al laboratorio, allí se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR); en donde se obtuvo como resultado que según la clasificación SUCS, el suelo es de tipo “CH” y “CL”, y según AASHTO “A-6”. Asimismo, se procedió a realizar las combinaciones del suelo patrón con las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA); teniendo como resultados del ensayo de CBR, que la resistencia obtenida al 95% de la Máxima Densidad Seca del suelo natural fue de 4.4 (la más crítica), pero que añadiendo 2% de CBCA la resistencia aumenta a 71%, con 4% de CBCA la resistencia incrementa hasta 78% y con 6% de CBCA la resistencia llega hasta 70%. Motivo por el cual hemos establecido que el porcentaje óptimo para lograr la estabilización del suelo fue la combinación del suelo patrón con 4% de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Por lo antes expuesto, esta investigación tiene por conclusión que la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) otorga buenos resultados como un estabilizante ecológico para los suelos arcillosos.

Palabras clave: cenizas de bagazo de caña de azúcar, estabilización, subrasante, CBR.

ABSTRACT

The main objective of this research is to stabilize the subgrade formed by clayey soil with sugarcane bagasse ash as an ecological aggregate to guarantee the passability of the Cumbicus diversion road in the district of Pacaipampa - Piura. To carry it out, three soil samples were taken and taken to the laboratory, where the granulometry, Atterberg limits, modified Proctor and California Bearing Ratio (CBR) tests were carried out; where it was obtained as a result that according to the SUCS classification, the soil is of type "CH" and "CL", and according to AASHTO "A-6". Likewise, the combinations of the standard soil with sugarcane bagasse ashes (CBCA) were carried out; having as results of the CBR test, that the resistance obtained at 95% of the Maximum Dry Density of the natural soil was 4.4 (the most critical), but that adding 2% of CBCA the resistance increases to 71%, with 4% of CBCA the resistance increases up to 78% and with 6% of CBCA the resistance reaches 70%. Reason for which we have established that the optimal percentage to achieve soil stabilization was the combination of the standard soil with 4% addition of sugar cane bagasse ash.

Due to the above, this research concludes that sugarcane bagasse ash (CBCA) gives good results as an ecological stabilizer for clay soils.

Keywords: sugarcane bagasse ash, stabilization, subgrade, CBR.

I. INTRODUCCIÓN

La estabilización del suelo es el proceso natural donde se somete a determinados tratamientos para aprovechar sus cualidades, a fin de obtener un sustrato estable para tolerar los efectos del tráfico y otras condiciones climáticas, teniendo como objetivo aumentar su capacidad de carga y potenciar propiedades de la influencia del agua. Así, las cenizas son partículas formadas por aluminio, silicatos y óxidos que permiten que la puzolana interactúe con el suelo. Cabe señalar que las puzolanas se consideran materiales sin adhesivos e hidráulicamente activas que, al tener en sí agua, forman compuestos de tipo insoluble, como bagazo (Cósic, Korat, Ducman, Netinger, 2015).

En un contexto internacional, el INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía] indica que hay evidencia de frecuencia de suelos arcilloso – arenoso en diversos países, entre ellos destaca México, que posee el 14.2% de territorio arcilloso. Asimismo, en Colombia según Anif, en 2017, el 20% de las vías pavimentadas estaban en mal estado, indicando que en épocas de lluvia se inundan; es decir la mayoría de la red vial se caracteriza por su vulnerabilidad a los factores climáticos (Gromaire-Mertz, Garnaud, Gonzalez y Chebbo, 1999; Ramadhansyah, Mohd, Rosli y Wan, 2014)

En América Latina existen diferentes tipos de suelos, y no se recomienda su uso para la construcción en estado natural. En 2008, el 81% de los habitantes de latinoamericana vivía en espacios urbanas y esta cifra creció a medida que aumentaron los requerimientos (CEPAL, 2012). Así, los procesos de urbanización y la infraestructura de transporte requieren un suelo adecuado. Sin embargo, la desestabilización del suelo incrementó ocasionando daños físicos mediante procesos mecánicos, químicos, sintéticos o naturales (MTC, 2018).

En Perú, la primera expansión registrada de problemas de tierras sucedió durante la construcción del Canal de Quiroz en la ciudad de Piura. Pasado el tiempo, se tuvo en cuenta la presencia de capas de arcilla al diseñar el canal del proyecto Chira - Piura. En cuanto a las edificaciones, existe información de daños

en San Lorenzo, Paita, Talara y Chiclayo, así como en Tumbes por la presencia de deslizamientos de tierra (PECHP, 2018). La estabilización del suelo es el proceso natural donde se somete a determinados tratamientos para aprovechar sus cualidades, a fin de obtener un sustrato estable para tolerar los efectos del tráfico y otras condiciones climáticas, teniendo como objetivo aumentar su capacidad de carga y potenciar propiedades de la influencia del agua. Así, las cenizas son partículas formadas por aluminio, silicatos y óxidos que permiten que la puzolana interactúe con el suelo. Es posible identificar tipos de suelo en la ciudad de Piura: arcillo-arenosos de plasticidad baja o media, de gran durabilidad y húmedas en grado medio, esto desafía a los profesionales de la ingeniería, pues se requiere estabilización para que el drenaje funcione, es decir, que sea resistente y sin deformación (Indeci, 2012, 2016).

En el distrito de Pacaipampa, el empleo de estabilizadores de suelos para optimizar la calidad en las carreteras es limitado, debido a la combinación de precios, y altos costos del mantenimiento. Una de las zonas donde existe este tipo de suelo es el KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI - 551 tramo que abarca parte de Chulucanitas, San Francisco, Palo Blanco, Peña Blanca, Cumbicus alto, El sauce y Tucaque en una longitud de 3 km y en un ancho de vía de 4.00 m, en el distrito de Pacaipampa de la provincia de Ayabaca, donde las lluvias frecuentes provocan deslizamientos de tierra y congestión de aguas residuales, inundaciones en carreteras, afectando el acceso (Ingemmet, 2021).

Ante ello, surge como problema general ¿Es factible que se pueda lograr una estabilización de un suelo arcilloso con la adición de cenizas de bagazo de caña como agregados ecológicos a la sub rasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 en el distrito de Pacaipampa - Piura? Como problemas específicos se plantean: ¿Qué propiedades físicas y mecánicas posee el suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 del distrito de Pacaipampa - Piura?, ¿Cómo será el análisis comparativo de entre el suelo sin adición versus el suelo mejorado con bagazo de

ceniza de caña de azúcar? Y ¿Cuál será el porcentaje óptimo de ceniza del bagazo de caña de azúcar para aplicar a la sub rasante y lograr estabilizarla?

Para dar solución a nuestro problema, se plantea como objetivo general Estabilizar la Subrasante conformada por suelo arcilloso con cenizas de bagazo de cañas de azúcar como agregados ecológicos con el propósito de garantizar la transitabilidad del camino vecinal desvío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa – Piura; y como objetivos específicos se plantea determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del Caserío Cumbicus del distrito de Pacaipampa – Piura, realizar un análisis comparativo entre el suelo sin adición versus el suelo mejorado con bagazo de ceniza de caña para inferir si mejora en sus características como capa sub rasante; y determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para aplicar a la sub rasante.

La hipótesis general planteada fue: se puede lograr la estabilización de suelos arcillosos con la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar como agregados ecológicos a la sub rasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 en el distrito de Pacaipampa – Piura. Las hipótesis específicas fueron: Es posible que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, influya de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del Caserío Cumbicus del distrito de Pacaipampa – Piura, es posible que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, perfeccionamiento de las características para la subrasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del Caserío Cumbicus, en el distrito de Pacaipampa – Piura, y es posible que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en 6% sea el porcentaje óptimo para el mejoramiento de la estabilización de suelos arcillosos.

Esta investigación nace del interés de conocer los materiales y su uso en la implementación de los suelos. Además de la necesidad de comprobar la importancia de ciertos materiales de los suelos a base de arcilla, pues sus

propiedades deben mejorarse, cumpliendo los requisitos del Manual de Carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Además, es importante señalar que se desarrollará la mejoría del suelo, a partir de la caña de azúcar como factor estabilizador en la subrasante. Con ello, se obtendrá transitabilidad y funcionalidad mecanicista para su utilización como sub rasante del pavimento. Por tanto, será posible que los materiales ecológicos sean empleados para reutilizar el bagazo de cenizas de caña de azúcar; así también no se evitaría la explotación de canteras.

II. MARCO TEÓRICO

Considerando el contexto internacional se muestran los antecedentes a continuación:

Caamaño (2016) en su tesis titulada "Mejoramiento de un suelo blando mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto sobre el módulo resiliente", se propuso comprobar la mejoría de propiedades geomecánicas y físicas en los suelos por medio de la utilización de cenizas derivadas de la cáscara de arroz. Sus hallazgos demostraron que la plasticidad puede reducir en 2%, 4% y 6% si se emplea la ceniza, esto definitivamente es una respuesta positiva de la CCA en las propiedades. Con respecto al MR, el incremento de CCA en 2% indica un 17.8%, esto se reflejó en una optimización del 21.7%. Estos índices permitieron concluir que un 4% de CCA es la cantidad ideal para que propiedades físicas y mecánicas sean mejores.

Cañar (2017), en su tesis titulada "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón", la misma fue realizada en Medellín, Colombia, uno de los objetivos fue efectuar un estudio de cada resultado de la resistencia al corte de los diferentes tipos de suelos de tipo arenoso fino y arcilloso, añadiendo cenizas de carbón; la razón por la que elaboró probetas de mezclas de ambos suelos con 20 %, 23% y 25% de cenizas de carbón activado a una humedad de máxima compactación. Así luego, las probetas fueron ensayadas para determinar el valor de CBR y cómo resiste al corte, siendo comparadas con la probeta patrón; dando como resultado que el suelo arcilloso de altas plasticidades estabilizado con un 25.00% de cenizas derivadas del carbón experimentó su resistencia desde 9% al 11%, sin embargo, para el suelo arenoso el incremento fue del 15% al 20%; además en ambos suelos disminuyó la humedad, expansión y plasticidad.

Ramos e Illidge (2017) en su tesis titulada "Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento", sugieren que: El estudio se ejecutó para poder disminuir la

difusión de arcillas de alta plasticidad e incrementar el coeficiente de correlación para reducir la dispersión generada entre la relación entre CBR y MR. En este estudio se abordó el propósito de analizar la diversidad existente en los suelos compuestos de plástico, cascarilla de arroz y cenizas volantes, pues estos debían estar aptos para la viabilidad. De aquí se logró evidenciar el aumento en la prueba CBR (2.02% - 3.76%), lo cual se debió a la combinación de 30.0% de cenizas volantes y 6.0% de cascarillas de arroz, junto a ello, su expansión se redujo en un 70%.

Buitrón y Enríquez (2018) en su investigación titulada: “Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua”, se plantearon el propósito de agregar ceniza proveniente de volcán aplicado en fases de arcilla, para que las propiedades sean mayores. Para ello, fue necesario ejecutar una serie de pruebas mecánicas capaces de monitorear la funcionalidad de masas en 10%, 20% y 30% en peso. Ante lo analizado, se definió el comportamiento de arcilla previa y posteriormente a la aplicación de la puzolana, esto indicó el efecto positivo en un 20%, lo cual le otorga adecuadas condiciones.

Vélez (2019), en su tesis titulada “Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón”, la misma que fue realizada en Guayaquil, Ecuador, se asevera la posibilidad de aumentar un 5% y 10% de CBCA en las mezclas de hormigón, pues se evidenció la mejoría en los aspectos mecanicistas, sobre todo en la durabilidad e impermeabilidad. De esta manera, la resistencia a compresión llegó a un 5% de CBCA, luego de 90 días, la resistencia manifestó un 41% luego de 30 días, más tarde, llegó a 45% en un periodo de 120 días. Esto señaló una media de 347 kg/cm² refiriendo a un 36.0% de resistencia, frente a los especímenes de control con una media de 254.0kg/cm². Esto permitió concluir que el hormigón más impermeable posee 10% de CBCA considerado el mejor.

Entre los antecedentes nacionales citados se presenta:

Pérez (2012), por medio de su título de tesis “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos”, sostiene por fin determinar el efecto de la aglomeración de cenizas de tipo volante de carbón a través de proporciones 20%, 40% y 100% con suelo arcilloso, con el fin de encontrar el valor óptimo para cumplir con los estándares técnicos de las cimentaciones viales. Se concluye que la arcilla mejora sus propiedades y consistencia al ser mezclada con 20% de cenizas de tipo volante a fin de emplearse como sub rasante. Además, el empleo de la ceniza como agregado ecológico reduce la contaminación al reducir los vertederos y rellenos sanitarios, dando un aprovechamiento útil para la puzolana. Finalmente sugiere que la ceniza no se debe agregar en cantidades abundantes, al menos en la arcilla, por encima del 20%.

Galvez y Santoyo (2019), en su tesis titulada “Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo”, se planteó comprobar la utilidad del CCA a modo de estabilizar la superficie en sub rasante. Para iniciar, se requirió de la evaluación granulométrica, lo cual indicó la clase: SUCS como CL y AASTHO tipo A-6, esto evidenció la deficiencia sub rasante. Los hallazgos señalaron que el aumento de CCA en 10% y 15% no manifiesta plasticidad; no obstante, la adición en 3% genera mayor consistencia. Por otro lado, Proctor modificado apunta que el incremento de CCA produce mayor humedad, pero disminuye en la M.D.S., pese al incremento de CCA. En conclusión, CBR al 95% aumento de 3.92% a 13.77% aumentando 15% CCA.

Quispe (2021), en su artículo titulado “Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco”, se plantea la idea de corroborar la utilidad química y física en los suelos de tipo expansivo, bajo el acondicionamiento de ceniza de maíz. Para ello, se aplicaron las evaluaciones necesarias, en las que se ejecutó pruebas mecanicistas de diversas proporciones de ceniza (2%, 4%, 6%, 8% y 10%), esto fue útil en estudios comparativos. Consecuentemente, se consideró que el incremento de 10% de ceniza disminuye plasticidad en 10.14% a un 5.87%, mientras que con el porcentaje del 8% el valor

de CBR mejoró de un 7.2% a un 19.1%, pues el adicionarle más ceniza, el valor de CBR comenzó a decaer.

Con la intención de aportar contrastes y soportes al presente estudio, se contempló estas investigaciones, pues su desarrollo abordó la evaluación de los efectos ante la adición de ceniza en proporciones bajas en una muestra de arcilla estándar, esto permitió comprobar la resistencia del suelo, ya que sobrepasar el 8% de adición, genera cero aportes a la durabilidad y utilidad mecánica del suelo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para lograr los propósitos investigativos, se recurrió a un estudio cuantitativo, caracterizado por proporcionar rigurosidad en el análisis ejecutando la recopilación mediante la especificación de preguntas según objetivos. Este enfoque permite una mejor reflejo del contexto donde se aplica la investigación, pues se manipulan cantidades numéricas para su comprobación, así como un proceso estadístico que brinda mayor respaldo (Valderrama, 2015).

Para Tamayo (2003), una de las formas de estudio aplicado llega a ser conocido como activo o dinámica, logrando ser asociada a la investigación pura puesto a que se basa en el aporte teórico y descubrimiento; siendo los estudios o aplicaciones de las investigaciones a cada problema específico.

Asimismo, se conoce como aplicada porque se enfoca en la búsqueda de saber cómo modificar, construir, hacer y actuar una de las realidades concretamente. En adición a ello, se contempla este tipo de investigación en situaciones académicas de nivel superior, donde el profesional egresado se encuentra apto en las acciones de contextualizar aspectos sociales, políticos, económicos y culturales para formular adecuadas soluciones que se ajusten a su realidad (Valderrama, 2015, p. 152).

Un modelo de estudio experimental es entendido como una técnica diseñada con la intención de realizar aplicaciones concretas que demuestren los efectos propuestos en un inicio. Por este motivo, se requiere de factores estimulantes que promuevan la modificación de personas, objetos o situaciones y así observar el impacto en una de las variables, que llega a ser en este caso la variable que depende de la otra (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 163).

Durante la prospección se realizará una prueba preliminar de los grupos experimentales: muestras de suelo sin adicionar nada. Las muestras

de suelo se distribuyen aleatoriamente a un grupo de control o experimental con el propósito de determinar el sesgo estadístico, luego se realiza un proceso de prueba previa (experimento de laboratorio) al mismo tiempo, un grupo se somete a un tratamiento experimental y el otro grupo no (agregue ceniza de bagazo); Finalmente, se prueban (pruebas de laboratorio).

3.2. Variables y operacionalización

Se emplearán dos variables de investigación, tanto la dependiente como la independiente, siendo la primera la: Estabilización de suelos arcillosos y la segunda: ceniza de caña de azúcar.

Presentando a continuación la tabla de Operacionalización:

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA VALORATIVA	ESCALA DE MEDICIÓN
Cenizas de caña de azúcar	Es uno de los componentes casi puzolánicos, con partes muy finas ya que es sometido a una temperatura alta en el proceso de incineración.	La ceniza derivada de caña de azúcar pasará a describirlo como una manerafísica (porcentaje de composición y tamaño de partícula), posteriormente se pasa a unirse con los suelos de tipo arcilloso obtenido del camino vecinal del KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del Caserío Cumbicus PI - 551 para su respectiva estabilización.	Porcentaje	2%	Balanza Digital con precisión de 0.001 g	Bueno	Nominal
				4%		Malo	
				6%			

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALAS VALORATIVAS	ESCALAS DE MEDICIÓN
Estabilización de suelos arcillosos	Es un proceso donde los suelos arcillosos son sometidos para poder aumentar, enriquecer y optimizar sus propiedades de tipo física como mecánica, este proceso implica la adición de una sustancia que tiene propiedades estabilizantes.	Para reformular la variación cuya finalidad de fijación de arcilla, se especificará el procedimiento: Cuantitativa Aplicada, a fin de buscar la determinación rápidamente las propiedades del suelo mediante pruebas de laboratorio y	Humedad Natural	Contenidos de humedad	Ensayo de Contenido de humedad	CBR menor que 3%	Nominal
			Tipos de Suelo	Análisis granulométrico	Ensayo Granulométrico	3% < CBR < 6%	
			Límites de Atterberg	Límite Plástico Límite Líquido	Ensayo de Límite de Atterberg	6% < CBR < 10%	
			Densidad seca y humedad	Proctor Modificado	Ensayo de Proctor Modificado	Subrasantes Regulares	

		resultados numéricos.	Capacidad y resistencias del suelo	CBR	Ensayo de California Bearing Ratio	<p>10% < CBR < 20% Subrasantes Buenas</p> <p>20% < CBR < 30% Subrasantes Muy buenas</p> <p>CBR mayor que 30% Excelentes</p>	
--	--	-----------------------	------------------------------------	-----	------------------------------------	---	--

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Para Arias (2012), “son los conjuntos limitados o ilimitados de cada elemento con particularidades frecuentes, a causa de ello llegará a profundizarse en las conclusiones del estudio” (p. 81).

A ello, se agrega que la población, hace referencia “a los conjuntos de cada elemento (unidad de análisis) pertenecientes a los ámbitos espaciales a fin de desarrollar la pesquisa” (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p.174).

Por tanto, la población adecuada será constituida por suelos arcillosos en la red vial del Caserío Cumbicus, ubicado en:

Lugar : Caserío Cumbicus
Distrito : Pacaipampa
Provincia : Ayabaca
Departamento : Piura

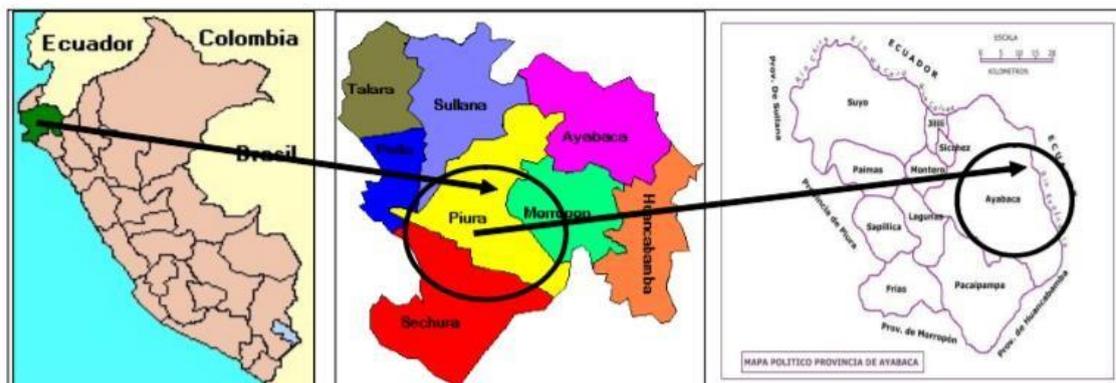


Figura 1. Mapa de Ayabaca

3.3.2. Muestra

De acuerdo con la muestra, señalan Fernández, Hernández y Baptista (2014)

indican que son “subconjuntos pertenecientes a una población (un grupo descrito por ciertas propiedades), y que debe delimitar con precisión” (p. 175).

La muestra que se tomará desde la PROG. 00+000 – 3+000 que tiene una longitud de 3000 metros.

3.3.3. Muestreo

De acuerdo con Namakforoosh (2005) llega a indicar que “los muestreos son una de las técnicas por las cuales estas mismas llegan a elegirse, implicando los juicios personales que en ciertas ocasiones son inherentes a los investigadores, y demás datos reunidos en un estudio” (p. 188).

Además, en la investigación se empleó como técnica de selección para la muestra, aquella denominada de tipo no probabilístico, debido a el “seleccionamiento de cada elemento no llega a depender de la probabilidad, más bien a cada causa relacionada con cada característica de la pesquisa” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 176).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La importancia de un proceso de investigación necesita de herramientas que estén elaboradas efectivamente para obtener la información requerida, además de orientar al tesista adecuadamente en la obtención de objetivos.

Instrumentos

Según Hernandez (2015), es un mecanismo empleado por el investigador para reunir la información y organizarla con el fin de utilizarla en su comprobación. La confiabilidad de la herramienta se refiere al período durante el cual una adaptación iterativa equivalente de un tema o algo produce los mismos resultados.

3.5. Procedimientos

Para obtener las muestras del suelo, llegó a programarse la hora y fecha de ejecución realizando un viaje al caserío Cumbicus, Pacaipampa, Ayabaca. Primero se llegó a identificar los espacios específicos, así se decidió la extracción en áreas de perforación de las calicatas. Luego de ello, se efectuó la realización de tres excavaciones pertenecientes a áreas de mayor relevancia desde la progresiva 00+000 al 3+000, con secciones de 1.00 x 1.00 y de 1.50m. de profundidad.

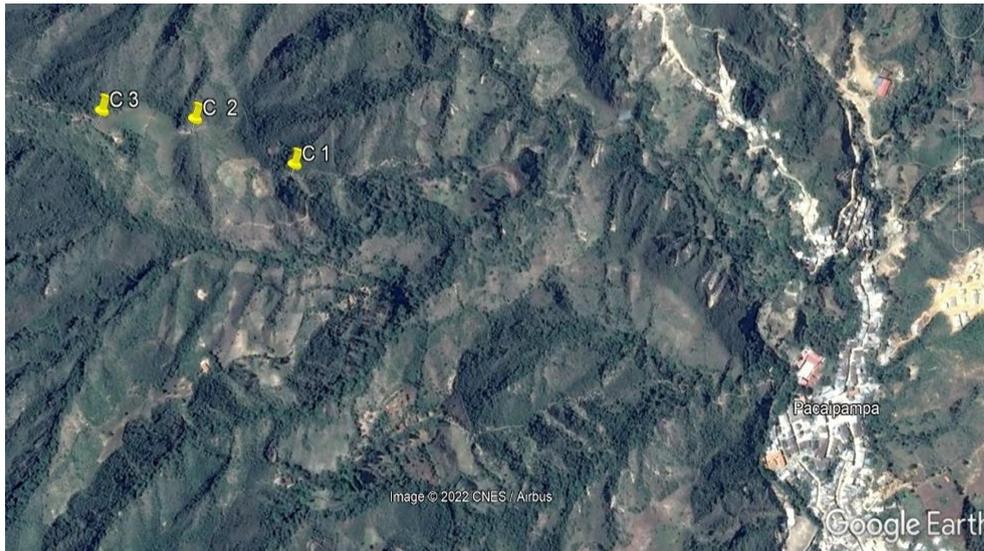


Figura 2. Ubicación de las calicatas Caserío Palo Blanco, distrito de Pacaipampa, Ayabaca.
Fuente: Google Earth.

Tabla 1.

Calicata y su ubicación

CALICATA	UBICACIÓN
C - 1	LA 5° 10' 58.36" S LO 80° 34' 52.92" O
C - 2	LA 5° 10' 43.20" S LO 80° 34' 56.67" O
C - 3	LA 5° 10' 34.20" S LO 80° 34' 45.20" O

Fuente: Elaboración propia.

Desde 1.500 m de profundidad, llegaron a extraer cada muestra del suelo que lograron ser almacenadas en bolsas para su posterior traslado al laboratorio.

Ya en el laboratorio con las muestras de suelo extraídas en 03 calicatas, realizamos cada ensayo en correspondencia a él: CBR, Proctor modificado, Límites de consistencia y granulometría.

3.6. Métodos de análisis de datos

La metodología fue desarrollada para evaluar el estado del subsuelo sobre toda la estructura de pavimentación, cuyo valor determina el estado actual del pavimento para su correspondiente rehabilitación, tratamiento y mantenimiento. Se determinó que no se había evaluado todo el tramo de la vía, por lo que aplicando el método AASHTO y realizando el trabajo de campo, podremos determinar los parámetros geotécnicos y el estado actual de la vía.

3.7. Aspectos éticos

El estudio se implementará en un marco que respete todos los aspectos éticos esperados para este tipo de trabajos. En primer lugar, se garantiza que la investigación sea completamente original, lo que se verá reflejado en las declaraciones de autenticidad de los autores y del asesor adjunto a este proyecto. Otro aspecto ético importante que se respetará es que cualquier información que provenga de un libro, artículo, tesis u otro documento existente será referenciada.

IV. RESULTADOS

Con relación al primero de los objetivos específicos, llegaron a efectuarse los ensayos a fin de determinar los parámetros físicos y mecánicos del terreno de tipo arcilloso para ser empleado a nivel de sub-rasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 del distrito de Pacaipampa – Piura. Los ensayos ejecutados fueron el CBR, Proctor Modificado, límites de Atterberg y análisis de granulometría.

Tabla 2.

Resultados del Análisis de granulometría – Suelo modelo

Muestras	Profundidad (m)	Granulometría			Clasificación SUCS
		Finos	Arena	Grava	
C – 01	1.500	96.56	3.44	0.00	CH
C – 02	1.500	86.84	13.16	0.00	CL
C – 03	1.500	96.15	3.85	0.00	CH

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

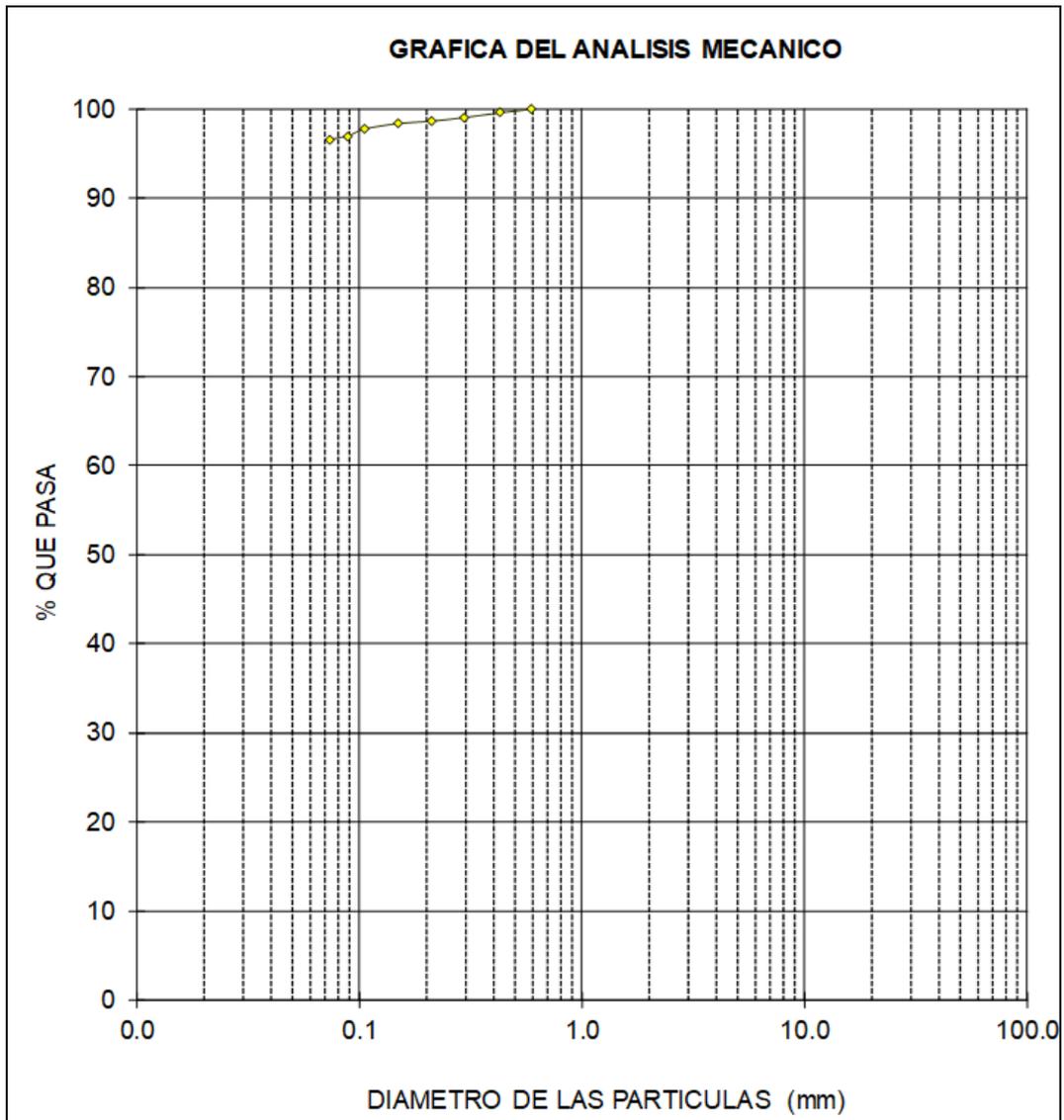


Figura 3. Curva Granulométrica muestra C – 1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: EMS

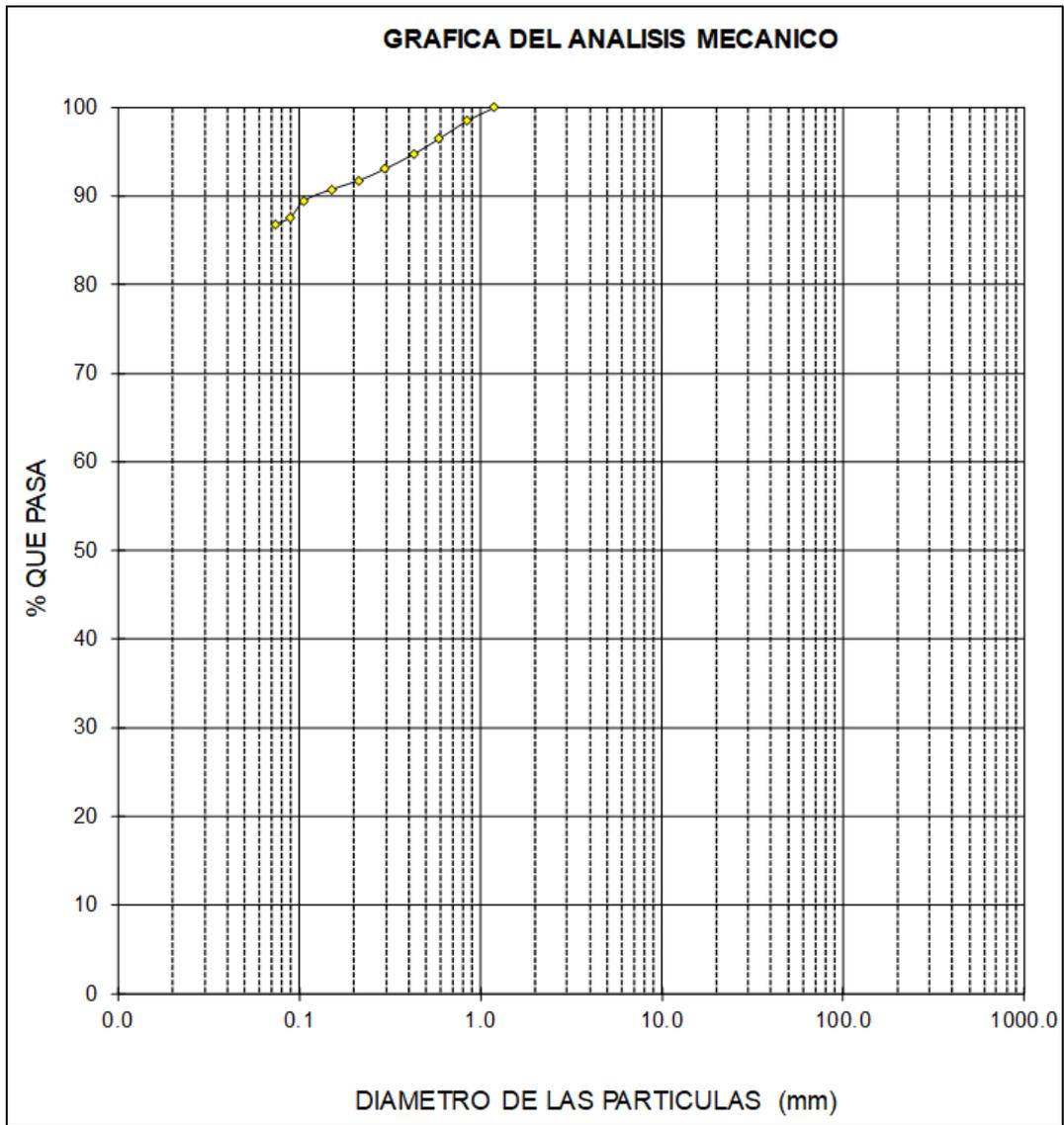


Figura 4. Curva Granulométrica muestra C-02 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: E.M.S

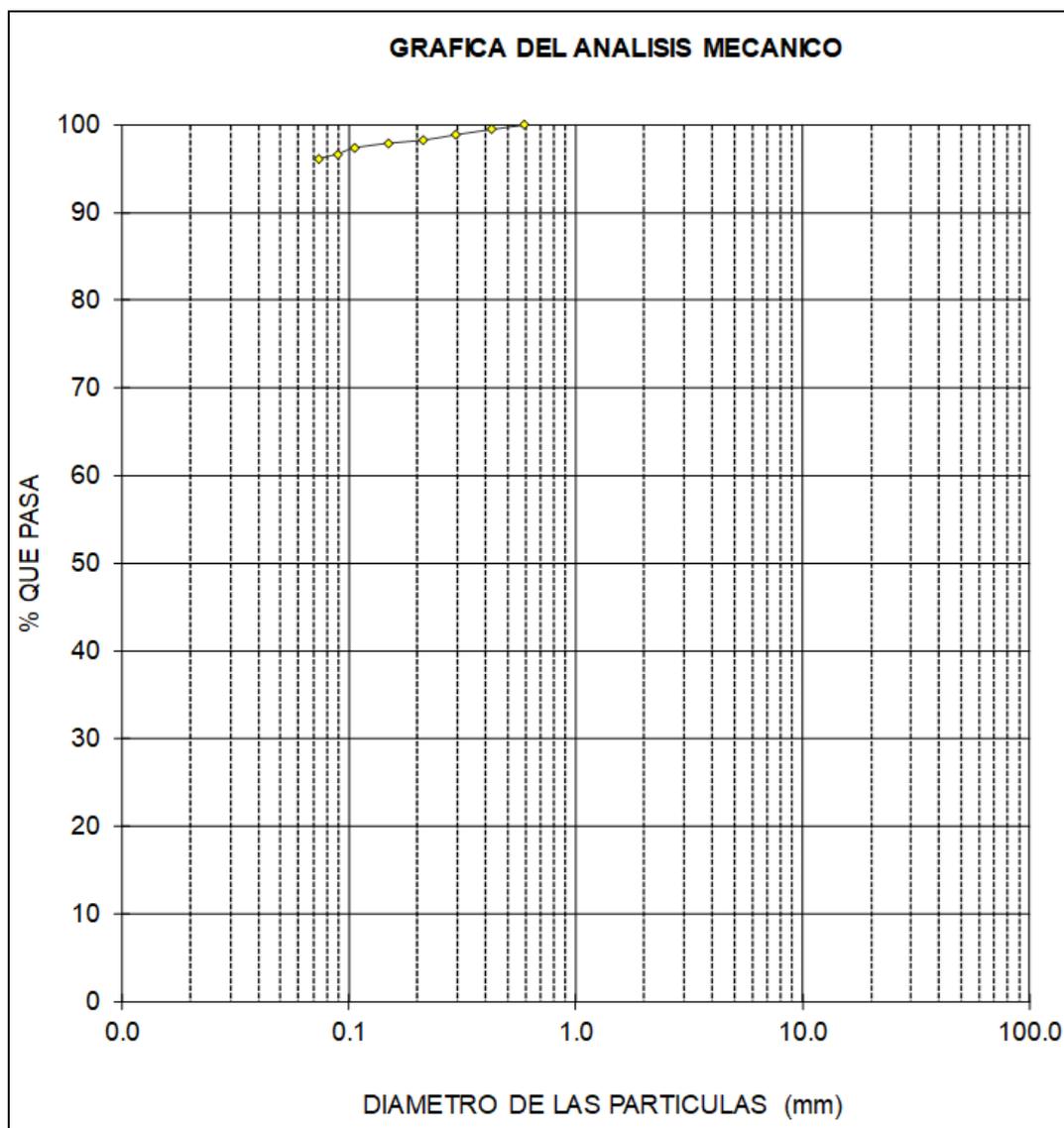


Figura 5. Curva Granulométrica muestra C – 3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

La Tabla 2, Figura 3 - 4 - 5 señalan que, la muestra del suelo que llegó a extraerse de la Calicata – 01 (C-01) está compuesta de 96.56% con limos y arcillas y 3.44% de arena.

De igual manera el espécimen de terreno que llegó a extraerse de la Calicata – 02 (C-02) por resultados llegaron a ser casi similares puesto a que la composición llegó a ser primordialmente de 86.84% limos y arcillas y 13.16% de arenas.

La Calicata – 3 (C-3) es igual a la calicata C- 1 ya que se compone principalmente de 96.15% de limos y arcillas y 3.85% de arenas. Por consiguiente, la muestra que

llegó a extraerse de la C-01 y C-3 forman parte del grupo CH dando a entender que la arcilla de alta plasticidad y en la muestra que llegó a extraerse de la C - 2 forma parte del grupo CL siendo arcillas de tipo inorgánica de plasticidades bajas a medias.

Tabla 3.

Límite de Atterberg - patrón

Muestras	Límite de Atterberg		
	Limite Plástico	Límite Líquido	Índice de plasticidad
	(LP)	(LL)	(IP)
C – 1	33.60	61.55	27.95
C – 2	27.17	37.60	10.43
C – 3	30.33	61.20	30.87

Fuente: E.M.S

Tabla 4.

Porcentaje de humedad por número de golpes C – 1

ASTM 423 – 66						
Número de golpes	Total peso húmedo + (T)	Total peso seco + (T)	Peso agua	Taras (t)	Muestras pesos secos	Humedad (%)
16	33.59	26.22	7.37	15.16	11.06	66.64
25	31.14	24.34	6.80	13.30	11.04	61.59
35	31.58	24.72	6.86	12.80	11.92	57.55

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

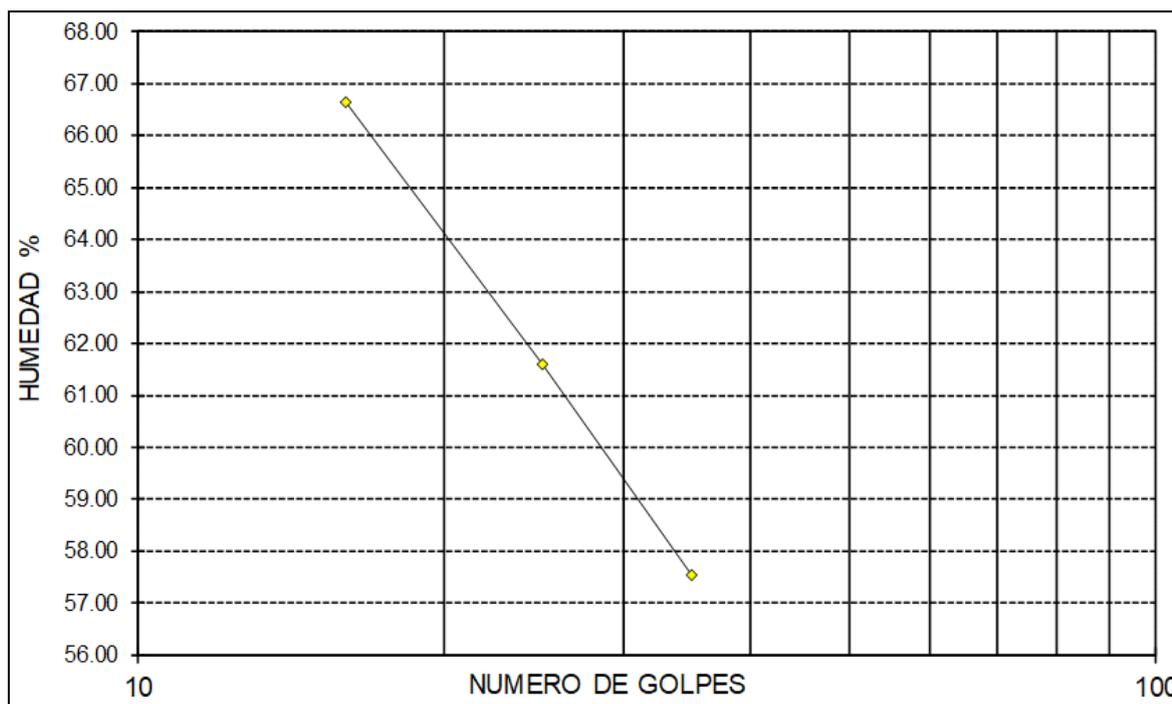


Figura 6. Límite de Atterberg muestra C – 01 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: E.M.S.

Tabla 5.

Porcentaje de humedad por número de golpes C – 2

ASTM 423 – 66						
N° de golpes	Total peso húmedo + (T)	Total peso seco + (T)	Peso agua	Tara (t)	Muestra peso seco	Humedad (%)
15	34.84	28.90	5.94	14.37	14.53	40.88
25	36.50	30.63	5.87	15.13	15.50	37.87
35	37.33	31.46	5.87	14.86	16.60	35.36

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.



Figura 7. Límite de Atterberg muestra C – 02 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: E.M.S.

Tabla 6.

Porcentaje de humedad por número de golpes C – 3

ASTM 423 – 66						
Nº de golpes	Total peso húmedo + (T)	Total peso seco + (T)	Peso agua	Tara (t)	Muestra peso seco	Humedad (%)
15	29.85	23.38	6.47	13.58	9.80	66.02
25	30.41	24.06	6.35	13.68	10.38	61.18
35	34.90	27.66	7.24	15.15	12.51	57.87

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

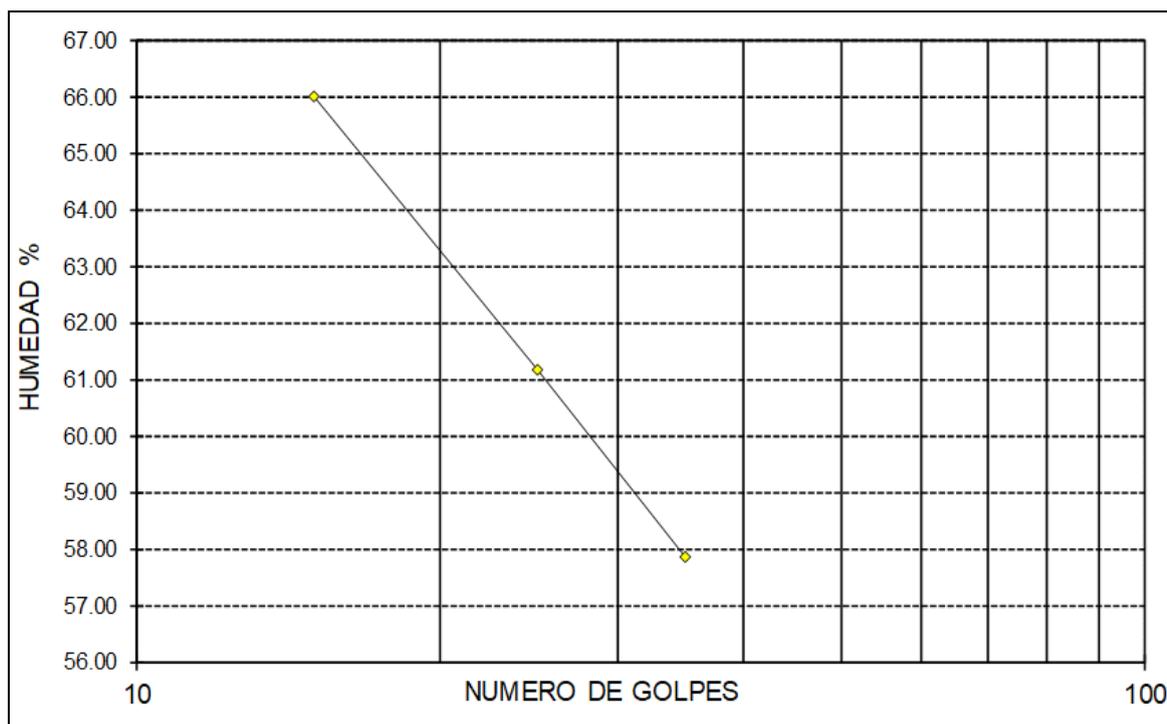


Figura 8. Límite de Atterberg muestra C – 3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: E.M.S.

La Tabla 3, Figura 6, 7 y 8 señalan que el límite de consistencia de cada muestra del suelo modelo extraído con relación a cada calicata. Para la muestra C-01 llegó a obtenerse un L.L de 61.55, un L.P de 33.60 y un I.P de 27.95. De igual forma de la muestra C-02 llegó a lograrse un L.L de 37.60, un L.P de 27.17 y un I.P de 10.43 y finalmente en la C-3 llegó a obtenerse un L.L de 61.20, un L.P de 33.33 y un I.P de 30.87.

Tabla 7.

Resultados del Proctor Modificado de cada muestra del suelo patrón

Muestra	Profundidad (m)	Proctor Modificado	
		Máximas densidades secas (gr/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-1	1.50	1.81	7.67
C-2	1.50	1.75	9.19
C-3	1.50	1.80	7.82

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

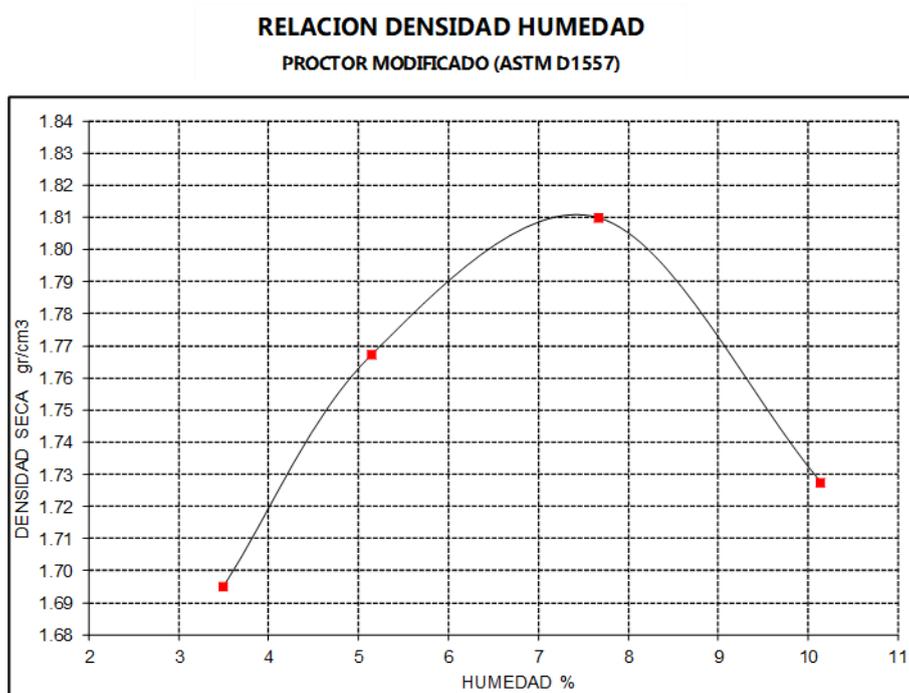


Figura 9. Proctor modificado C-1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

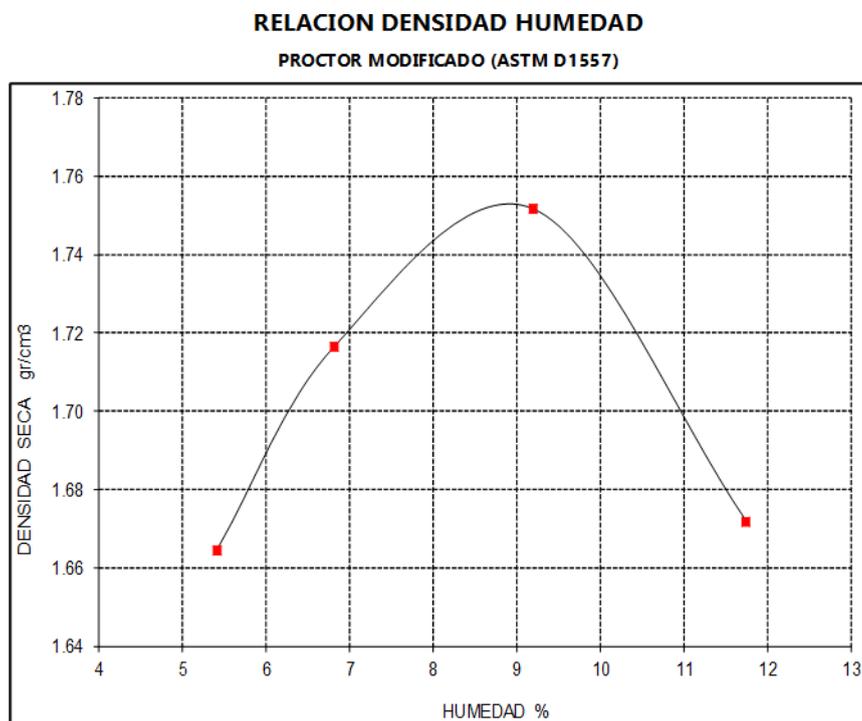


Figura 10. Proctor modificado C-2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

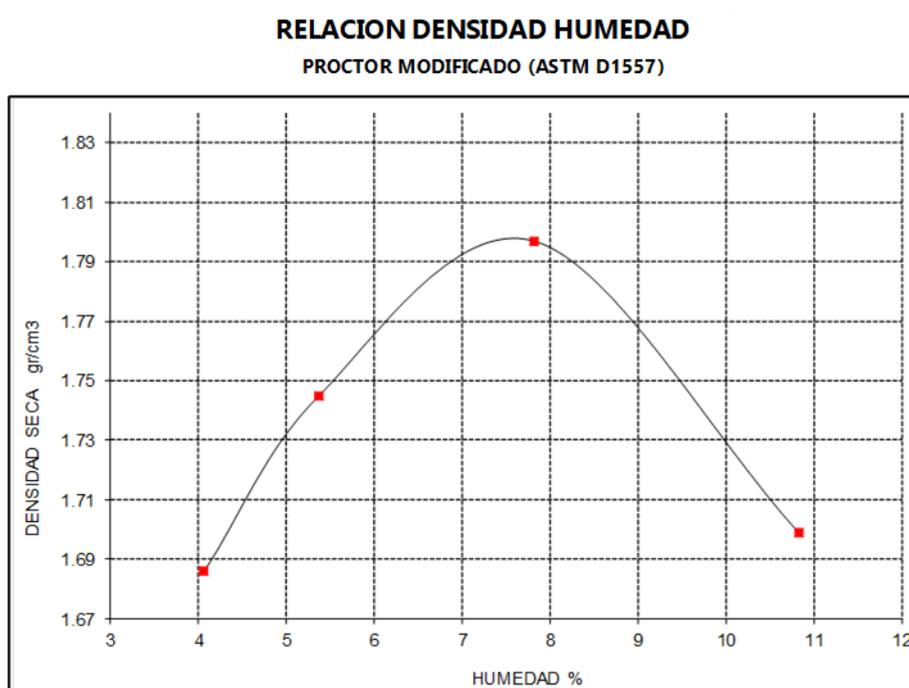


Figura 11. Proctor modificado C-3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

La Tabla 7, Figura 9, 10 y 11 llegan a indicar que, las máximas densidades secas de la muestra C-01 llegó a lograrse un resultante de 1.81 (gr/cm³), y respecto al contenido de humedad óptimo llegó a ser de 7.67%. Con relación a la máxima densidad seca de la muestra C-02 llegó a lograrse 1.75 gr/cm³ y respecto al contenido de humedad óptimo llegó a ser de 9.19%. Asimismo, la muestra C-3 llegó a alcanzarse 1.80 gr/cm³, y respecto al contenido de humedad óptimo llegó a ser de 7.82%.

Tabla 8.

Resultados de CBR a 1" y 2" de C-1 (subrasante modelo)

Nº de golpes	12	25	56	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)
% C.B.R. 0.1"	3.30	4.37	5.61	6.70	4.40
% C.B.R. 0.2"	4.04	5.21	6.89		

Fuente: E.M.S.

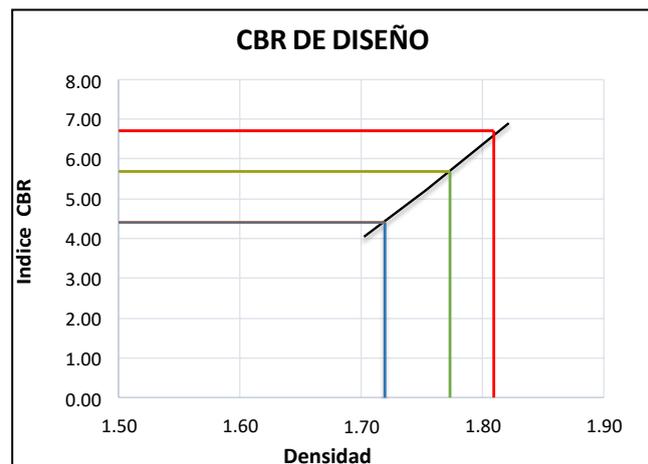


Figura 12. CBR C-1 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

Tabla 8 y Figura 12 revela, a 1" y 2" de profundidad y al 95.0% densidad seca al límite el CBR es de 4.40% para el espécimen C-01.

Tabla 9.

Resultados de CBR a 1" y 2" de C-2 (subrasante modelo)

Nº de golpes	12	25	56	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)
% C.B.R. 0.1"	4.71	6.89	9.31	10.80	6.70
% C.B.R. 0.2"	6.22	8.57	11.26		

Fuente: E.M.S

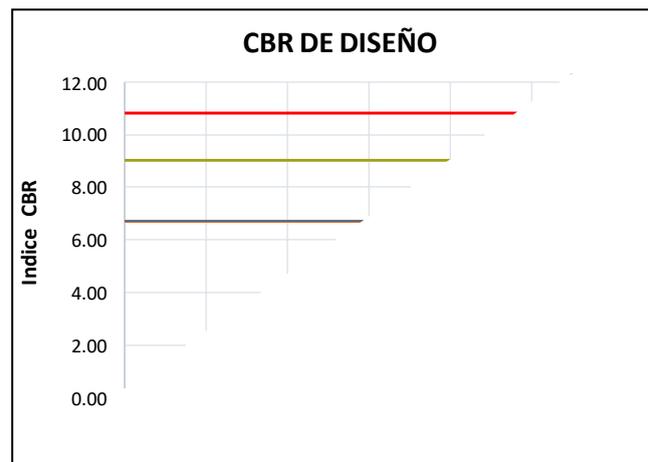


Figura 13. CBR C-2 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

Tabla 9 y Figura 13 revela, a 1" y 2" de profundidad y al 95.0% densidad seca al límite el CBR es de 6.70% para el espécimen C-02.

Tabla 10.

Resultados de CBR a 1" y 2" de C-3 (subrasante modelo)

Nº de golpes	12	25	56	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)
% C.B.R. 0.1"	3.47	4.41	5.55	6.40	4.50
% C.B.R. 0.2"	4.09	5.04	6.55		

Fuente: E.M.S.

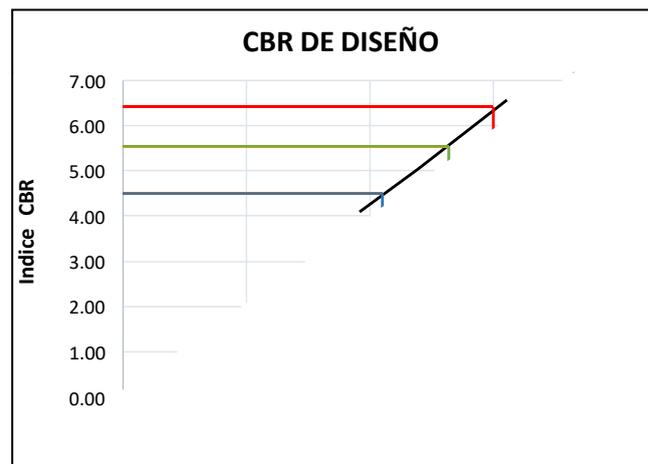


Figura 14. CBR C-3 (subrasante modelo) – Desvío del Caserío Cumbicus, distrito de Pacaipampa, Ayabaca. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

Tabla 10 y Figura 14 revela, a 1" y 2" de profundidad y al 95.0% densidad seca al límite el CBR es de 4.50% para el espécimen C-3.

Con relación al segundo y tercer objetivo específico, llegó a realizarse el ensayo de CBR con el propósito de conocer la capacidad de soporte estructural y ser capaz de evidenciar las características de tipo física y mecánica del terreno arcilloso a fin de darle su uso como sub-rasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 del distrito de Pacaipampa – Piura, del ensayo ejecutado se agregó 2%, 4% y 6% de CBCA obteniéndose los siguientes resultados:

Para ello se ha elegido el CBR más crítico, siendo el de la calicata – 1 el valor de 4.40 % al 95% de la M.D.S. como indica la norma MTC -2014.

Tabla 11.

Resultados de California Bearing Ratio con adición

Pulg	Patrón	2% cenizas	4% cenizas	6% cenizas
0.10 (penetración)	95.00%	95.00%	95.00%	95.00%
CBR%	4.40	71.00	78.00	70.00

Fuente: E.M.S.

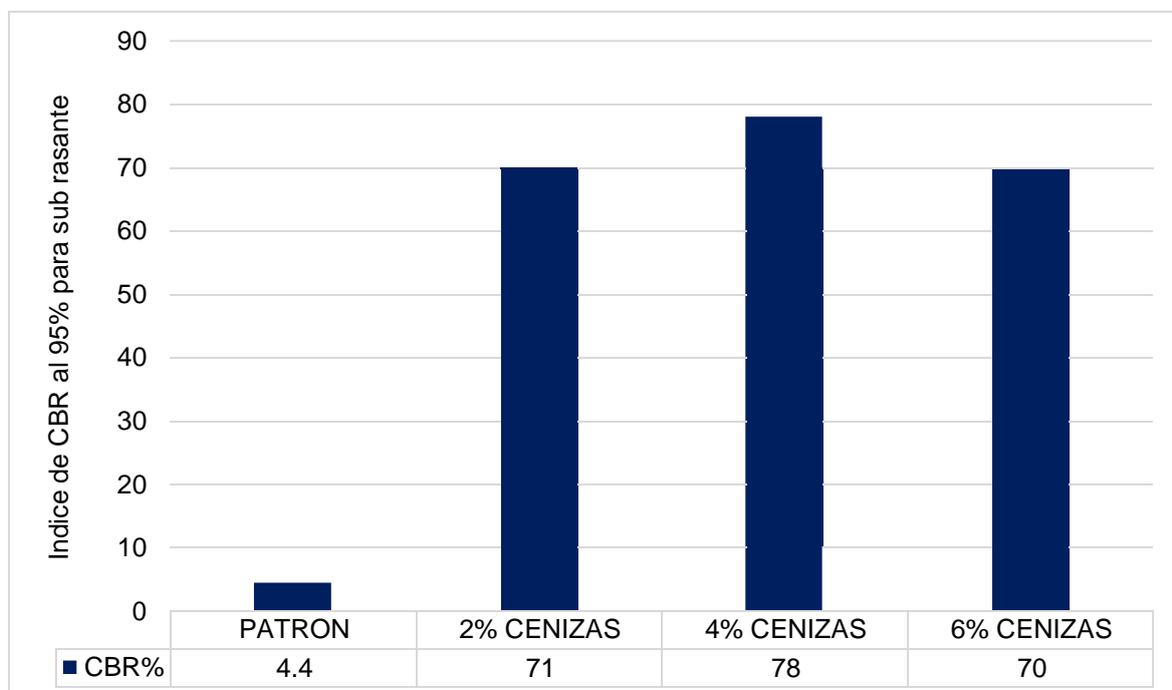


Figura 15. Comparativo CBR. Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

Tabla 11 indica lo siguiente:

- Se puede observar en el resultado obtenido que la subrasante al aplicarle el 2% de CBCA presenta un CBR de 71%, en relación con el CBR de la subrasante como terreno natural presenta un aumento del 66.6 %.
- Asimismo, de la segunda adecuación de la subrasante a 4% se tiene un incremento del valor del CBR al 78% con el cual hay un aumento del 73.6% con lo cual lo hace una subrasante con un valor superior a estándar.
- El valor del CBR decae al 70% agregándole el 6% de la CBCA.

V. DISCUSIÓN

Como se pudo apreciar en los ensayos realizados para la obtención de características propias y mecánicas del terreno, se estableció que de la muestra - calicata01: el tipo de subrasante de acuerdo a la clasificación SUCS llegó a ser CH (arcilla de alta plasticidad), dado que alcanzó una densidad seca al límite de 1.81 y porcentaje ideal de la humedad de 7.67%, CBR de 4.40%. Por otro lado, de la muestra - calicata02: el tipo de subrasante de acuerdo a la clasificación SUCS llegó a ser CL (arcilla), alcanzó una densidad seca al límite de 1.75 gr/cm³, porcentaje ideal de humedad de 9.19% y CBR de 6.70%. Finalmente, respecto a la muestra de la calicata 3: el tipo de subrasante de acuerdo a la clasificación SUCS llegó a ser CH (arcilla de alta plasticidad), donde alcanzó una densidad seca al límite de 1.80 gr/cm³, porcentaje ideal de humedad de 7.82% y CBR de 4.50%. En tal sentido, se establece que es importante conocer las propiedades del suelo modelo, para así analizar cómo afecta las Cenizas de Bagazos de cañas de azúcar en este, coincidiendo con lo expuesto por Buitrón y Enriquez (2018) por medio su investigación, los mismo que analizaron el comportamiento de la arcilla antes y después de la aplicación de la puzolana para así comparar los resultados.

Que, según los valores alcanzados del CBR, al adicionarle 2% de cenizas de bagazos de cañas de azúcar al suelo modelo, se ve un incremento del valor de CBR M.D.S al 95% de 66.6%, por consiguiente, al añadirle 4% de CBCA el valor de CBR M.D.S al 95% aumentó un 73.6%, y finalmente añadiendo 6% de CCA el valor del CBR M.D.S al 95% aumenta un 65.6%. Con ello se puede concluir que al adicionar más ceniza el CBR empieza a decaer, y según el artículo realizado por Quispe (2021), en su pesquisa, en donde se obtuvo que el porcentaje idóneo de ceniza de mazorca de maíz fue adicionando 8% pues su CBR se expandió hasta el 7.2 % a 19.1%, pero al aumentar a 10% de ceniza de mazorca de maíz, el CBR decae al 14.3%.

Así también, de los valores alcanzados se tiene que la incorporación de 4% de ceniza de bagazo de caña de azúcar al terreno natural, presenta más resistencia a las

cargas dinámicas como se ha dado en el CBR con un valor de 78%, y según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos – 2014, según las categorías de Sub-rasante, el CBR obtenido es $\geq 30\%$, encontrándose dentro del rango de categoría de sub rasante “Excelente”; lo que nos permite concluir que se ha estabilizado llegando a alcanzar una resistencia más alta que del promedio. Cabe indicar que para que funcione adecuadamente se deberá aplicar la cantidad indicada de humedad señalada en el ensayo de Proctor modificado. Asimismo, Caamaño (2016) por medio de su pesquisa, concluye también que su porcentaje de adición óptimo de cenizas de cáscaras de arroz fue de 4% pues con este valor logró un importante aporte a las propiedades del suelo.

Por otro lado, Ramos e Illidge (2017) en su pesquisa, el valor de CBR al 100% aumento de 2.020% a 3.760% con la adición de la mezcla de 30.0% de ceniza volante y 6.0% de cascarilla de arroz; luego, Julca (2020), por medio de su pesquisa, obtuvo como resultado de su suelo natural un CBR al 100% de 17.5% M.D.S y el CBR al 95% de 14% M.D.S, y al adicionar 8.00% de cenizas de hojas de maíz y 8.00% de carbones molidos les arrojó un CBR al 100% de 59.2%, dado que en las 3 pesquisa se expande el CBR, pero, la modificación no fue referencial en los 3 estudios, existiendo alteraciones. Siendo que en este estudio este valor se expandió de 4.4% a 78%. Estos posiblemente se deban a que el origen de las cenizas para esta pesquisa (bagazos de cañas de azúcar) no se compara a los demás estudios (cáscara de arroz, hoja de maíz), así como su porcentaje para la adición. Asimismo, por las diferentes características que poseen los suelos estudiados y resultados obtenidos de sus estudios de análisis granulométrico.

Con relación a la Hipótesis general planteada sobre si se puede lograr la estabilización de terrenos arcillosos a través de la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar como agregados ecológicos a la sub rasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en PI-551 en el distrito

de Pacaipampa – Piura, se establece que después de la culminación de los ensayos y haber obtenido los resultados de los mismos, queda demostrado que la incorporación de cenizas en diferentes porcentajes, si estabiliza o mejora la sub rasante, demostrando un beneficio en las propiedades de tipo física y mecánica del suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. Habiendo obtenido los resultados de cada ensayo de laboratorio respectivos con la finalidad de determinar las características propias y mecánicas del terreno, y en correlación con los perfiles estratigráficos, se identifican como suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) así como también suelos arcillosos de plasticidad baja a media (CL), según la clasificación SUCS perteneciendo al grupo A-7-6 conforme a la clasificación AASTHO M-145; asimismo, se obtuvo que el suelo posee un CBR bajo, lo que nos indica que son suelos de mala capacidad de soporte estructural; motivo por el cual es necesario estabilizar para un correcto uso o aplicación.
2. Al realizar un análisis comparativo entre el suelo modelo y el suelo con incorporación de CBCA, podemos observar que en la adición de 2% de CBCA se evidencia un incremento del valor de CBR del 4.5% a 71%, asimismo, al adicionarle 4% de CBCA se aprecia un incremento del valor de CBR del 4.5 % al 78%, finalmente al adicionar 6% de CBCA se verifica un aumento del valor del CBR del 4.5 al 70%; logrando así visualizar las significativas diferencias de las muestras obtenidas con el suelo mejorado , determinando que la CBCA llega a influir en la estabilización de sub-rasantes.
3. Al aplicarle el 4% de bagazos de cañas de azúcar el valor del CBR aumento hasta llegar un valor promedio de 78% valor más que el promedio para una sub rasante caso contrario al aplicarle 6% de cenizas de bagazos de cañas de azúcar el valor decae hasta un 70% con lo cual baja la capacidad de soporte estructural se tiene que tener en cuenta que puede ser aplicable pero no es el porcentaje óptimo ya que no se aprovecha adecuadamente las características geológicas del material.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda extender la investigación del empleo de la Ceniza de bagazo de caña de azúcar en otras clases de sub rasantes que no han sido inmersas en esta investigación.
2. La utilización de Ceniza de bagazo de caña de azúcar se debe de aplicar para suelostipo CI los cuales deben de contener el 4% de las cenizas de bagazo de caña de azúcar como se ha probado aumenta la capacidad de soporte estructural de la subrasante.
3. Se sugiere a los futuros estudiantes, iniciar la investigación de su proyecto conociendo los parámetros propios y mecánica del terreno para poder dar posibles soluciones auto sostenibles y rentables que contribuyan al medio ambiente.

REFERENCIAS

ACI Committee 522, 2010. *ACI 522R-10. Report on Pervious Concrete.* Farmington Hills: USA.

ARIAS, Fidias, 2012. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* 6ta. edición, Caracas: Editorial Episteme.

BITRÓN LANDETA, Shirley y ENRÍQUEZ LEÓN, Alexis, 2018. *Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua* [en línea]. Tesis de licenciatura. Quito: Escuela Politecnica Nacional [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19654>

CAAMAÑO MURILLO, Iván, 2016. *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente* [en línea]. Tesis de licenciatura. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15770>

CAÑAR TIVIANO, Edwin, 2017. *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* [en línea]. Tesis de licenciatura. Ambato: Universidad Técnica de Ambato [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25266>

CEPAL. 2012. La urbanización presenta oportunidades y desafíos para avanzar hacia el desarrollo sostenible. *Noticias CEPAL.*

CÓSIC, Katie, KORAT, Lo, DUCMAN, Valerie, NETINGER, Ingarm, 2015. Influence of aggregate type and size on properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 7, no 1, págs. 69-76.

ESPINOZA CHUQUINO, Alexis y VELÁSQUEZ PÉREZ, Jhonatan, 2018. *Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el Tramo de Pinar-Marian, Distrito de Independencia 2018* [en línea]. Tesis de licenciatura.

Lima: Universidad Cesar Vallejo [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26696>

GALVEZ REYES, Paola Maryuri del Rocio y SANTOYO VILLEGAS, Jessica Katherine, 2019. *Estabilización de Suelos Cohesivos a Nivel de Subrasante con Ceniza de Cáscara de Arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo* [en línea]. Tesis de licenciatura. Jaén: Universidad Nacional de Jaén [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/232>

GROMAIRE-MERTZ, Marie, GARNAUD, Santi, GONZALEZ, Aadul, CHEBBO, Ghassan, 1999. Characterisation of urban runoff pollution in Paris. *Water Science and Technology*, vol. 39, no. 2, págs. 1-8.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar, 2014. *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.

HERNANDEZ, Roberto, 2016. *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.

INDECI, 2016. *Estudio de mecánica de suelos y mapa de peligros de la ciudad de Piura*. Piura: Instituto Nacional de Defensa Civil.

—. **2012.** *Plan de usos del suelo y propuesta de medidas de mitigación de los efectos producidos por los fenómenos naturales*. Piura: Instituto Nacional de Defensa Civil.

INGEMMET, 2021. *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el área urbana de Pacaipampa*. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2021.

JULCA TARAZONA, Prudencio, 2020. *Análisis de suelos arcillosos con ceniza de hoja maíz y carbón molido para estabilización de subrasante, camino vecinal Áncash, 2020*. Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Cesar Vallejo [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72720>

MTC, 2018. *Manual de carreteras, mantenimiento y conservación vial.* Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

NAMAKFOROOSH, Mohammad, 2005. *Metodología de la investigación.* Ciudad de México: Limusa.

PECH, 2018. Proyecto Especial Chira Piura. *Gore Piura* [en línea]. 12 de agosto. Disponible en: <https://www.gob.pe/pechp> [consulta: junio de 2022].

PÉREZ COLLANTES, Rocío del Carmen, 2012. *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.* Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2343129>

QUISPE, Dante, 2022. Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, vol. 4, no 2, págs. 75-86.

RAMADHANSYAH, Putra, MOHD, Mohd, ROSLI, Mohd, WAN, Mohd, 2014. *A Review of Porous Concrete Pavement: Applications and Engineering Properties. Applied Mechanics and Materials*, vol. 54, págs. 37-41.

RAMOS, Michell y ILLIDGE, Dario, 2017. *Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento.* Tesis de maestría. Bogotá: Universidad de La Salle [consulta: junio de 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/117/

TAMAYO, Mario, 2003. *El proceso de la investigación científica.* 4ta edición, Madrid: Limusa.

VALDERRAMA, Santiago, 2015. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cualitativa, cuantitativa y mixta.* Lima: San Marcos.

VÉLEZ GARCÍA, Eduardo, 2019. *Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón.* Tesis de licenciatura. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil [consulta: junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13844>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

Estabilización con cenizas de caña de azúcar del km 00+000 al 3+000 en el distrito de Pacaipampa, Piura 2021.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Debido a la baja capacidad y calidad, los suelos arcillosos en gran medida no cumplen con los requisitos básicos de pavimentación o estructuras sostenibles. Para solucionar este problema, se utilizan sustitutos para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material, eludiendo elevados costos de construcción por el gran espesor de la capa estructural.

VARIABLE	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	JUSTIFICACIÓN	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
Independiente	General:	General:	General:	El fundamento de este trabajo nace de la necesidad de estudiar, averiguar e identificar materiales los cuales puedan brindar un mejor comportamiento en suelos con mayor contenido de arcilla para incrementar las propiedades generales del suelo, es decir, es importante que la arcilla cumpla con los requisitos mínimos de calidad señalados en el Manual de Carreteras – suelos geología, geotecnia y pavimentos - R.D.N°10-2014 - MTC / 14, para asegurar un buen servicio en el diseño de infraestructura vial. Este estudio tiene como instrumentos a las pruebas o ensayos de laboratorio que nos especifican las normas de MTC y ASTM,	Tipo de investigación
Ceniza de caña de azúcar.	¿Es factible que se pueda lograr una estabilización de un suelo arcilloso con la adición de cenizas de bagazo de caña como agregados ecológicos a la sub rasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa - Piura?	Estabilizar la Subrasante conformada por suelo arcilloso con ceniza de bagazo de caña de azúcar como agregados ecológicos para garantizar la transitabilidad del camino vecinal desvío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa – Piura.	Se puede lograr la estabilización de suelos arcillosos con la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar como agregados ecológicos a la sub rasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa - Piura.		Enfoque Cuantitativa con un nivel aplicada
Dependiente	Específicos:	Específicos:	Específicas:		Diseño de la investigación
Estabilización de suelos arcillosos	¿Qué propiedades físicas y mecánicas posee el suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus del distrito de Pacaipampa - Piura?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del Caserío Cumbicus del distrito de Pacaipampa – Piura.	La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como subrasante del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el desvío del caserío Cumbicus del distrito de Pacaipampa - Piura.	Experimental, con un alcance correlacional. M+X=Ro → Y M: Muestra que se manipulará para la investigación X: Adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar Ro: Resultados Y: Estabilización de suelos arcillosos	
	¿Cómo será el análisis comparativo de entre el suelo sin adición versus el suelo mejorado con bagazo de ceniza de caña de azúcar?	Realizar un análisis comparativo entre el suelo sin adición versus el suelo mejorado con bagazo de ceniza de	La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, mejora de las características para la sub rasante de pavimento del camino vecinal KM 00 + 000 al KM 3+ 000 en el		

		caña de azúcar para inferir si mejora en sus características como capa sub rasante.	desvío del caserío Cumbicus en el distrito de Pacaipampa - Piura.		
	¿Cuál será el porcentaje óptimo de ceniza del bagazo de caña de azúcar para aplicar a la sub rasante y lograr estabilizarla?	Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para aplicar a la sub rasante.	En la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en los porcentajes de 2%,4% y 6%, encontraremos el porcentaje óptimo para el mejoramiento de la estabilización de suelos arcillosos.		

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO



Excavación en la zona de estudio



Excavación de calicata 01



Excavación de calicata 02





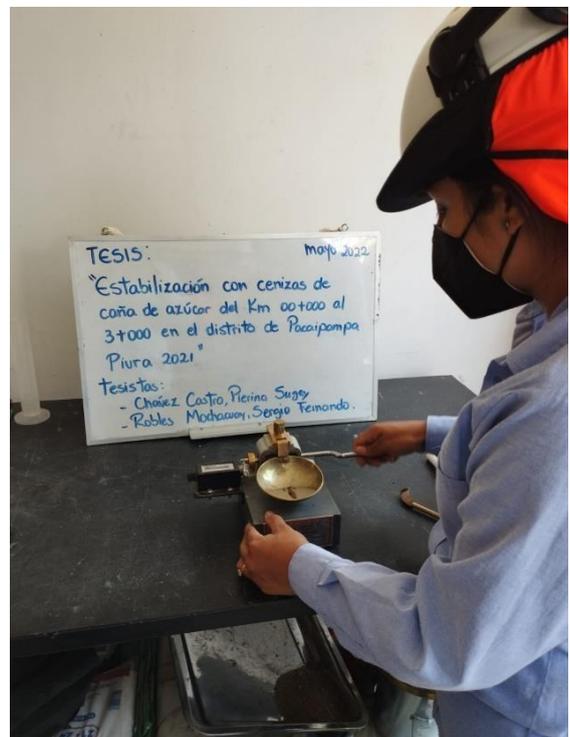
Excavación de calicata 03



Ensayo de Granulometría



Ensayo Copa Casagrande – Limite Líquido





Peso de la ceniza al 2%



Peso de la ceniza al 4%



Peso de la ceniza al 6%



Suelo con ceniza al 2%



Suelo con ceniza al 4%



Suelo con ceniza al 6%





ANEXO 3: ENSAYO DE LABORATORIO



HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1, C - 2 Y C - 3
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

MUESTRA	PROF. m.	TARRO Nº	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO	VACIO	AGUA	SUELO SECO	
C - 1 / M - 2	0.10 - 1.50	1	249.00	242.50	40.50	6.50	202.00	3.22
C - 2	0.00 - 1.50	6	228.00	222.70	38.00	5.30	184.70	2.87
C - 3 / M - 2	0.30 - 1.50	30	229.00	219.60	41.00	9.40	178.60	5.26





GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

TESIS	:	ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCh. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCh. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1 / M - 2 PROF. 0.10 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

TAMIZ		CALICATA C - 1 / M - 2		GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO
STANDARD Nº	TAMAÑO mm	% RETENIDO	% QUE PASA	
5" n.n	127.060			
3"	76.200			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			
1/4"	6.500			
Nº4	4.760			
" 8	2.380			
" 10	2.000			
" 16	1.190			
" 20	0.840			
" 30	0.590		100.00	
" 40	0.426	0.40	99.60	
" 50	0.297	0.53	99.07	
" 70	0.212	0.43	98.64	
" 100	0.150	0.27	98.37	
" 140	0.106	0.61	97.76	
" 170	0.089	0.80	96.96	
" 200	0.074	0.40	96.56	
- 200		96.56	0.00	
GRAVAS		0.00		Observaciones:
ARENAS		3.44		
LIMOS - ARCILLAS		96.56		
CLASIFICACIÓN SUCS		CH		



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

TESIS	:	ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCh. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCh. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 PROF. 0.00 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

TAMIZ		CALICATA C - 2		GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO
STANDARD Nº	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	
5" n/n	127.060			
3"	76.200			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			
1/4"	6.500			
Nº4	4.760			
" 8	2.380			
" 10	2.000			
" 16	1.190		100.00	
" 20	0.840	1.50	98.50	
" 30	0.590	2.00	96.50	
" 40	0.426	1.75	94.75	
" 50	0.297	1.65	93.10	
" 70	0.212	1.33	91.78	
" 100	0.150	1.00	90.78	
" 140	0.106	1.25	89.53	
" 170	0.089	1.90	87.63	
" 200	0.074	0.75	86.88	
-200		86.88	0.00	

GRAVAS	0.00	Observaciones:
ARENAS	13.13	
LIMOS - ARCILLAS	86.88	
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

TESIS	:	ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 3 / M - 2 PROF. 0.30 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

TAMIZ		CALICATA C - 3 / M - 2		GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO
STANDARD Nº	TAMAÑO mm	% RETENIDO	% QUE PASA	
5" n.n	127.060			
3"	76.200			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			
1/4"	6.500			
Nº4	4.760			
" 8	2.380			
" 10	2.000			
" 16	1.190			
" 20	0.840			
" 30	0.590		100.00	
" 40	0.426	0.49	99.51	
" 50	0.297	0.61	98.89	
" 70	0.212	0.62	98.27	
" 100	0.150	0.35	97.92	
" 140	0.106	0.54	97.38	
" 170	0.089	0.71	96.67	
" 200	0.074	0.52	96.15	
- 200		96.15	0.00	
GRAVAS		0.00	Observaciones:	
ARENAS		3.85		
LIMOS - ARCILLAS		96.15		
CLASIFICACIÓN SUCS		CH		



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO

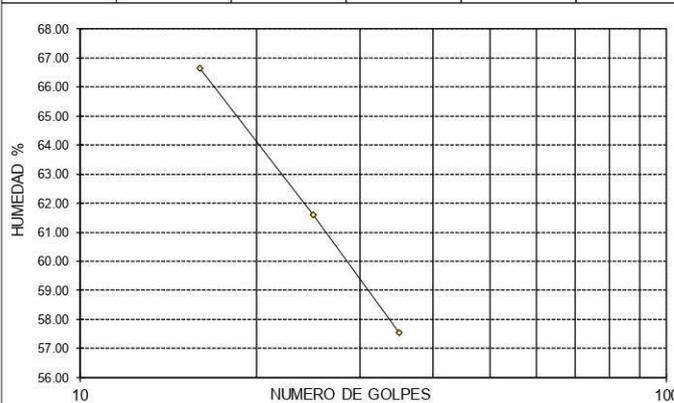


LIMITES DE ATTERBERG

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1 / M - 2 PROF. 0.10 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
16	126	33.59	26.22	7.37	15.16	11.06	66.64
25	131	31.14	24.34	6.80	13.30	11.04	61.59
35	106	31.58	24.72	6.86	12.80	11.92	57.55

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
120	27.95	24.93	3.02	15.99	8.94	33.78	
115	25.93	22.26	3.67	11.28	10.98	33.42	33.60



L.L. = 61.55
IP = 27.95



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



LIMITES DE ATTERBERG

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 PROF. 0.00 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	135	34.84	28.90	5.94	14.37	14.53	40.88
24	122	36.50	30.63	5.87	15.13	15.50	37.87
35	110	37.33	31.46	5.87	14.86	16.60	35.36

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
101	28.23	25.09	3.14	13.58	11.51	27.28	27.28
133	26.01	23.19	2.82	12.77	10.42	27.06	27.17

	<p>L.L. = 37.60</p> <p>IP = 10.43</p>
--	---



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



LIMITES DE ATTERBERG

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 3 / M - 2 PROF. 0.30 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

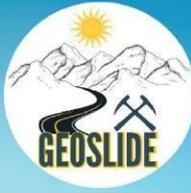
1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	127	29.85	23.38	6.47	13.58	9.80	66.02
25	130	30.41	24.06	6.35	13.68	10.38	61.18
35	109	34.90	27.66	7.24	15.15	12.51	57.87

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
113	26.92	24.00	2.92	14.45	9.55	30.58	30.33
A1	29.85	26.45	3.40	15.15	11.30	30.09	

	<p>L.L. = 61.20</p> <p>IP = 30.87</p>
--	---



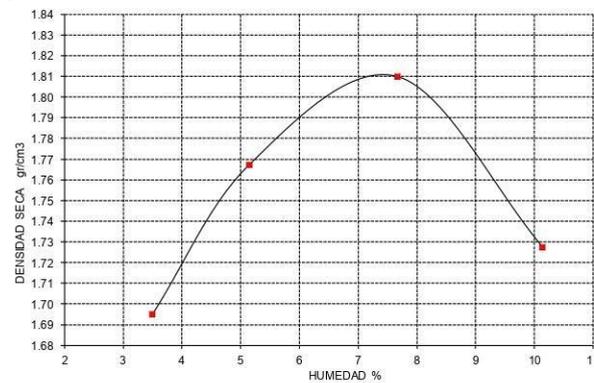
geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



RELACION DENSIDAD HUMEDAD
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557)

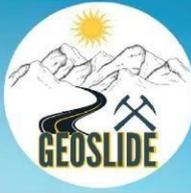
TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1 / M - 2 PROF. 0.10 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7820.0	8030.0	8213.0	8120.0
2- Peso Molde	gr.	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3549.2	3759.2	3942.2	3849.2
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.754	1.858	1.949	1.903
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	185.60	177.70	169.60	158.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	180.70	171.00	160.40	147.20
8- Peso Tara	gr.	40.55	40.75	40.40	40.71
9- Peso Agua (6-7)	gr.	4.90	6.70	9.20	10.80
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	140.15	130.26	120.00	106.49
11- Humedad % (9/10)x100	%	3.50	5.14	7.67	10.14
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.70	1.77	1.81	1.73



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.81 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	7.67 %

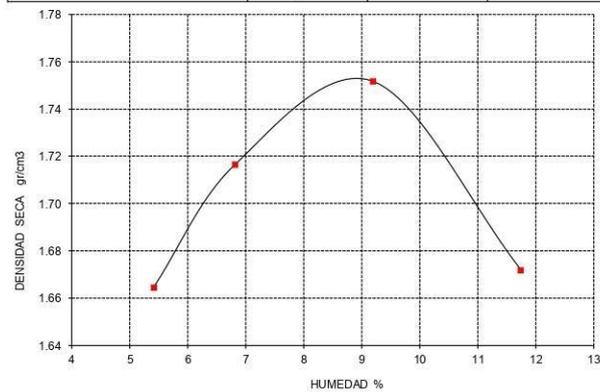




RELACION DENSIDAD HUMEDAD
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557)

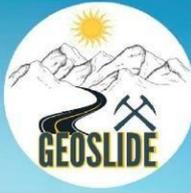
TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 PROF. 0.00 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7820.0	7980.0	8140.0	8050.0
2- Peso Molde	gr.	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3549.2	3709.2	3869.2	3779.2
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.75	1.83	1.91	1.87
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	153.00	163.10	134.00	141.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	147.20	155.25	126.15	130.45
8- Peso Tara	gr.	39.95	40.10	40.75	40.60
9- Peso Agua (6-7)	gr.	5.80	7.85	7.85	10.55
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	107.25	115.15	85.40	89.85
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.41	6.82	9.19	11.74
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.66	1.72	1.75	1.67



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.75 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.19 %

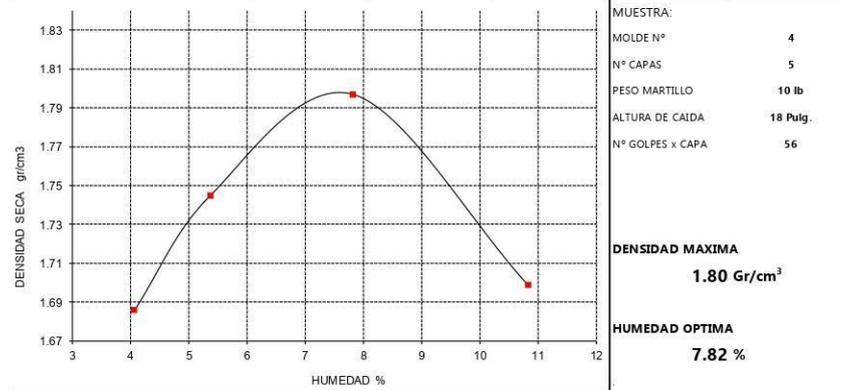


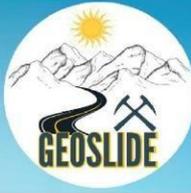


RELACION DENSIDAD HUMEDAD
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557)

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 3 / M - 2 PROF. 0.30 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7820.0	7990.0	8190.0	8080.0
2- Peso Molde	gr.	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3549.2	3719.2	3919.2	3809.2
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.75	1.84	1.94	1.88
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	229.60	237.20	222.20	239.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	222.20	227.20	209.05	219.60
8- Peso Tara	gr.	40.05	40.85	40.80	40.40
9- Peso Agua (6-7)	gr.	7.40	10.00	13.15	19.40
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	182.15	186.35	168.25	179.20
11- Humedad % (9/10)x100	%	4.06	5.37	7.82	10.83
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.69	1.74	1.80	1.70

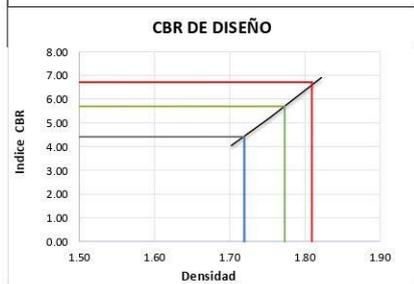
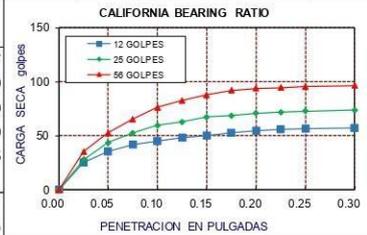




ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM D1883

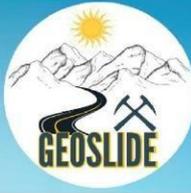
TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1 / M - 2 PROF. 0.10 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025	0.00	25.23		0.60	27.97		2.20	35.28	
0.050	2.20	35.28		4.00	43.50		6.00	52.63	
0.075	3.60	41.67		6.00	52.63		8.80	65.42	
0.100	4.30	44.87	3.30	7.50	59.49	4.37	11.20	76.39	5.61
0.125	5.00	48.07		8.20	62.68		12.60	82.78	
0.150	5.50	50.35		9.20	67.25		13.70	87.81	
0.175	6.00	52.63		9.50	68.62		14.60	91.92	
0.200	6.50	54.92	4.04	10.00	70.91	5.21	15.00	93.75	6.89
0.225	6.70	55.83		10.20	71.82		15.20	94.66	
0.250	6.90	56.75		10.40	72.73		15.40	95.57	
0.300	7.00	57.20		10.60	73.65		15.60	96.49	
Golpes		12	25	56					
Numero de capas		5	5	5					
Humedad (%)		7.67	7.67	7.67					
Peso del molde (gr)		4,065.00	4,326.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,160.00	8,610.00	8,520.00					
Volumen del molde (cm ³)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm ³)		1.83	1.89	1.96					
Densidad seca (gr/cm ³)		1.70	1.75	1.82					
% C.B.R. a 0.1"		3.30	4.37	5.61					
% C.B.R. a 0.2"		4.04	5.21	6.89					



Optimo Contenido de Humedad (%) :	7.67
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.81
MDS AL 98% (gr/cm ³) :	1.77
MDS AL 95% (gr/cm ³) :	1.72

Expansion (%)	
CBR al 100% de la MDS (%) :	6.70
CBR al 98% de la MDS (%) :	5.70
CBR al 95% de la MDS (%) :	4.40



GEOSLIDE

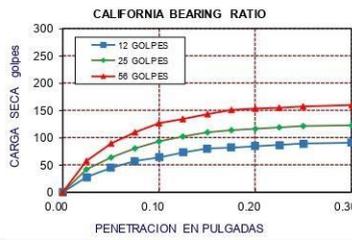
ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM D1883

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCh. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCh. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 PROF. 0.00 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025	0.60	27.97		3.80	42.58		7.00	57.20	
0.050	4.30	44.87		8.50	64.05		14.00	89.18	
0.075	7.00	57.20		12.00	80.04		18.50	109.73	
0.100	8.50	64.05	4.71	15.00	93.75	6.89	22.20	126.64	9.31
0.125	10.50	73.19		17.00	102.88		24.00	134.86	
0.150	12.00	80.04		18.60	110.19		26.00	143.99	
0.175	12.50	82.33		19.50	114.30		27.60	151.30	
0.200	13.00	84.61	6.22	20.00	116.59	8.57	28.00	153.13	11.26
0.225	13.50	86.89		20.50	118.87		28.50	155.41	
0.250	14.00	89.18		21.00	121.15		29.00	157.70	
0.300	14.50	91.46		21.50	123.44		29.50	159.98	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	9.19	9.19	9.19
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,326.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	8,110.00	8,555.00	8,430.00
Volumen del molde (cm ³)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm ³)	1.81	1.86	1.92
Densidad seca (gr/cm ³)	1.65	1.71	1.76
% C.B.R. a 0.1"	4.71	6.89	9.31
% C.B.R. a 0.2"	6.22	8.57	11.26

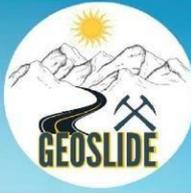


Óptimo Contenido de Humedad (%) :	9.19
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.75
MDS AL 98% (gr/cm ³) :	1.72
MDS AL 95% (gr/cm ³) :	1.66

Expansion (%)	
CBR al 100% de la MDS (%) :	10.80
CBR al 98% de la MDS (%) :	9.00
CBR al 95% de la MDS (%) :	6.70



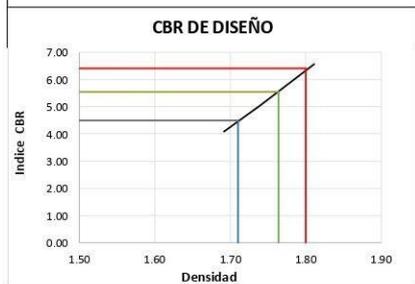
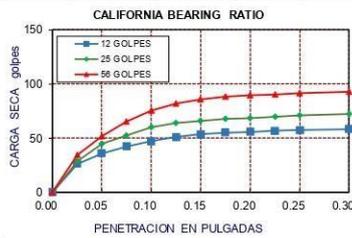
geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM D1883

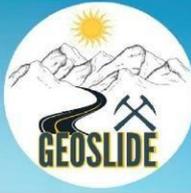
TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 3 / M - 2 PROF. 0.30 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025	0.20	26.14		0.80	28.88		2.00	34.36	
0.050	2.30	35.73		4.20	44.41		5.80	51.72	
0.075	3.70	42.13		6.00	52.63		8.70	64.97	
0.100	4.80	47.15	3.47	7.60	59.94	4.41	11.00	75.47	5.55
0.125	5.60	50.81		8.40	63.60		12.40	81.87	
0.150	6.20	53.55		8.90	65.88		13.20	85.52	
0.175	6.50	54.92		9.30	67.71		13.80	88.26	
0.200	6.65	55.60	4.09	9.50	68.62	5.04	14.00	89.18	6.55
0.225	6.85	56.52		9.75	69.76		14.25	90.32	
0.250	7.00	57.20		10.00	70.91		14.50	91.46	
0.300	7.25	58.34		10.25	72.05		14.75	92.60	
Golpes		12	25	56					
Numero de capas		5	5	5					
Humedad (%)		7.82	7.82	7.82					
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,226.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,150.00	8,480.00	8,500.00					
Volumen del molde (cm ³)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm ³)		1.82	1.87	1.95					
Densidad seca (gr/cm ³)		1.69	1.74	1.81					
% C.B.R. a 0.1"		3.47	4.41	5.55					
% C.B.R. a 0.2"		4.09	5.04	6.55					



Optimo Contenido de Humedad (%) :	7.82
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.80
MDS AL 98% (gr/cm ³) :	1.76
MDS AL 95% (gr/cm ³) :	1.71

Expansion (%)	
CBR al 100% de la MDS (%) :	6.40
CBR al 98% de la MDS (%) :	5.55
CBR al 95% de la MDS (%) :	4.50



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



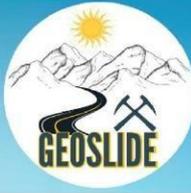
ANÁLISIS QUÍMICO POR AGRESIVIDAD

TESIS	:	ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTES	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 1, C - 2 Y C - 3
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

MUESTRA	PROF.	SALES	CLORUROS	SULFATOS	CARBONATOS
	m.	SOLUBLES			
C - 1 / M - 2	0.10 - 1.50	0.0400	0.0240	0.0120	0.000
C - 2	0.00 - 1.50	0.0380	0.0300	0.0160	0.000
C - 3 / M - 2	0.30 - 1.50	0.0340	0.0270	0.0130	0.000



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
[@geoslideperu](https://www.instagram.com/geoslideperu) / 051 - 998063774



GEOSLIDE

ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA,
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO



PERFIL ESTATIGRAFICO

TESIS	:	ESTABILIZACION CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR DEL KM 00 + 000 AL 3 + 000 EN EL DISTRITO DE PACAIPAMPA, PIURA 2021
UBICACIÓN	:	PACAIPAMPA - AYABACA - PIURA
SOLICITANTE	:	* BCH. CHAVEZ CASTRO PIERINA * BCH. ROBLES MACHACUAY SERGIO
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 PROF. 0.00 - 1.50m.
FECHA	:	PIURA, MAYO DEL 2022

PROF. m.	SUCS	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00				
0.10				
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70	CL		Arcilla, color rojizo, de alta compacidad, baja humedad, baja plasticidad, paredes de la calicata estables.	M - 1
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				

Nota: No se encontro napa freática.



geoslidecompany@gmail.com / moyolaz@yahoo.es
@geoslideperu / 051 - 998063774



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ALZAMORA ROMAN HERMER ERNESTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis Completa titulada: "Estabilización con cenizas de caña de azúcar del km 00+000 al 3+000 en el distrito de Pacaipampa, Piura 2021.", cuyos autores son CHAVEZ CASTRO PIERINA SUGEY, ROBLES MACHACUAY SERGIO FERNANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 15 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HERMER ERNESTO ALZAMORA ROMAN DNI: 03303253 ORCID: 0000-0002-2634-7710	Firmado electrónicamente por: HALZAMORA el 15- 11-2022 17:30:39

Código documento Trilce: TRI - 0440970