



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Efecto en la estabilización de sub rasante con el uso de
PET reciclado en el AAHH. Bello Sur, Nuevo Chimbote- Áncash

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

Ingeniero Civil

AUTOR:

Soto Medina, Diego Brayan (orcid.org/0000-0002-0517-1365)

ASESOR:

Mgtr. Monja Ruiz, Pedro Emilio (orcid.org/0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de esta investigación a toda mi familia. Principalmente a mis padres, que me apoyan incondicionalmente en los buenos y en los momentos de dificultades que se atravesaron en mi camino.

También, quiero dedicarle este trabajo a mi abuelita Margarita por todo el cariño, afecto y preocupación que me brinda, dándome las fuerzas necesarias para no rendirme y ser un profesional de bien.

Soto Medina, Diego Brayan

AGRADECIMIENTO

Agradezco al docente a cargo por brindarnos ayuda en cada etapa al realizar este proyecto, teniendo empatía y compromiso a cada duda que nos encontrábamos en el camino.

Un agradecimiento a los docentes de la escuela de ingeniería civil de la UCV, por brindarnos sus conocimientos y sus consejos a tomar en cuenta para mejor como buenos profesionales, teniendo un gran compromiso en tener una mejor educación, gracias a todos ustedes por brindarme su apoyo y estar actualmente cursando la última etapa de mi carrera profesional.

Soto Medina, Diego Brayan



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PEDRO EMILIO MONJA RUIZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto en la estabilización de sub rasante con el uso de PET reciclado en el AAHH. Bello Sur, Nuevo Chimbote- Ancash", cuyo autor es SOTO MEDINA DIEGO BRAYAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, 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 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.

CHIMBOTE, 28 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PEDRO EMILIO MONJA RUIZ DNI: 17584590 ORCID: 0000-0002-4275-763X	Firmado electrónicamente por: PMONJA el 28-11- 2023 02:26:12

Código documento Trilce: TRI - 0668791





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, SOTO MEDINA DIEGO BRAYAN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto en la estabilización de sub rasante con el uso de PET reciclado en el AAHH. Bello Sur, Nuevo Chimbote- Ancash", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA DNI: 72709810 ORCID: 0000-0002-0517-1365	Firmado electrónicamente por: DBSOTOM el 28-11- 2023 19:36:14

Código documento Trilce: TRI - 0668793



Índice de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad de Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III.METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación:	19
3.2. Variables y operacionalización:.....	20
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
3.5. Procedimiento.....	23
3.6. Métodos de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	45

Índice de tablas

Tabla N° 1:Propiedades Físicas y Mecánicas	29
Tabla N° 2:Propiedades Químicas	30
Tabla N° 3:Comparación Proctor.....	32
Tabla N° 4:Comparación CBR.....	32
Tabla N° 5:Análisis de varianza del CBR	33

Índice de gráficos

Gráfico N° 1:Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-6913) del suelo patrón del asentamiento humano Bello Sur.	26
Gráfico N° 2:Contenido de Humedad (%) (ASTM-D2216) del suelo patrón del asentamiento humano Bello Sur.	27
Gráfico N° 3:Proctor Modificado del suelo del asentamiento humano Bello Sur. .	28
Gráfico N° 4:CBR del suelo del asentamiento humano Bello Sur.	29
Gráfico N° 5:Proctor Modificado para suelo del asentamiento humano Bello Sur con adición de 1%,3% y 6% de PET.....	30
Gráfico N° 6:... Capacidad de Soporte CBR(%) del suelo del asentamiento humano Bello Sur con adición de 1%,3% y 6% de PET.....	31

RESUMEN

Esta Tesis lleva como objetivo principal determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo en el Asentamiento Humano Bello Sur, Nuevo Chimbote-Áncash.

El tipo de Investigación, conforme a lo que se plasma es aplicada. La Población que se ha escogido para nuestra investigación es la subrasante del Asentamiento Humano Bello Sur. Con respecto a la muestra se analizó 5 puntos (calicatas). Los instrumentos utilizados estandarizados y pertenecen a los siguientes ensayos: ASTM D 422 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107), ASTM D 2216 “Determinación del contenido de Humedad de un Suelo” (MTC E 108), ASTM D 4318 “Límites de Atterberg” (MTC E 111), ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor Modificado” (MTC E 115), ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132).

Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, se determinó que el porcentaje óptimo del PET para adicionar al suelo patrón es de 1% beneficiándolo en su Proctor y CBR, determinando que, si es aplicable estabilizar el suelo con material de PET reciclado, teniendo en cuenta y respetando la adición correcta.

Palabras Clave: PET reciclado, sub rasante, construcción vial sostenible, desechos plásticos.

ABSTRACT

The main objective of this Thesis is to determine the influence of recycled PET on soil stabilization in the Bello Sur Human Settlement, Nuevo Chimbote- Áncash.

The type of Research, according to what is stated, is applied. The population that has been chosen for our research is the subgrade of the Bello Sur Human Settlement. With respect to the sample, 5 points (calicatas) were analyzed. The instruments used are standardized and belong to the following tests: ASTM D 422 “Granulometric Analysis” (MTC E 107), ASTM D 2216 “Determination of the Moisture Content of a Soil” (MTC E 108), ASTM D 4318 “Atterberg Limits ” (MTC E 111), ASTM D 1557 “Modified Proctor Test” (MTC E 115), ASTM D 1883 “CBR Test” (MTC E 132).

The results of the tests carried out in the soil mechanics laboratory, it was determined that the optimal percentage of PET to add to the standard soil is 1%, benefiting it in its Proctor and CBR, determining that, if it is applicable to stabilize the soil with material of Recycled PET, taking into account and respecting the correct addition.

Keywords: Recycled PET, subgrade, sustainable road construction, plastic waste.

I. INTRODUCCIÓN

Un suelo se considera estable en el momento que este presente la solidez requerida para no padecer alteraciones de gran impacto ni excesivo desgaste también por los fenómenos naturales que se puedan presentar, ya que debe mantener estas características mediante el tiempo. El terreno natural puede tener composiciones granulométricas, plástica y del grado óptimo de humedad idóneo, para que, estando comprimido, se corrobore las condiciones mecánicas que definen como un material utilizable en cimentación de una vía pavimentada o camino. La estabilización del suelo, es un método que posibilita mejorar la calidad de cualquier suelo natural para conseguir unas características químicas, físicas y mecánicas duradero en relación con las condiciones medioambientales de servicio. También nos indica que hay cuatro métodos de estabilización de suelos clasificados en: químicos, mecánicos, físicos y biológicos. (Revista Sena 2020, p.4). Cabe recalcar que, en la actualidad, la contaminación por los residuos plásticos ha ido incrementando y es un problema que podemos observar a nivel mundial, en muchos países no se ha logrado mitigar con éxito la contaminación de estos residuos. Asimismo, Greenpeace (2017), en su artículo afirma que desde que la producción de plásticos empezó por el año 1950 se fabricó más de ocho mil trescientos millones de toneladas de productos plásticos, de esta manera solo las fábricas de sodas y refrescos generan en un año quinientos mil millones de botellas plásticas. Cabe señalar en un artículo de The New York Times se afirma de los ocho mil millones de toneladas de productos plásticos la mitad se creó a partir del 2004 y al no degradarse estas los miles de millones de toneladas se encuentran en vertederos a nivel mundial acumulándose, adicionalmente, un artículo de Science Advances (2010) se estimó que la fabricación de plásticos fue de 274 Millones de toneladas, además en 2015, 407 millones de toneladas de plástico entraron en fase de uso mientras que 302 millones de toneladas fueron abandonados, antes de 1980 el reciclaje y la incineración de plástico eran insignificantes, las tasas globales de reciclaje muestran que el reciclaje han aumentado únicamente del 18 a 24% de los desechos plásticos generados en 2014 siendo Europa y China los que tienen las tasas más altas mientras que Estados Unidos se mantiene en un 9% desde el 2012.

En nuestro país, la contaminación por plásticos es una realidad que hasta el momento no escapamos aun, esto de acuerdo y mencionado en el diario El Comercio (2018), en el que se menciona que en la capital se genera más de tres mil toneladas de residuos plásticos, de los cuales la gran mayoría acaba en el mar. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha denunciado a varios municipios debido a la deficiente disposición de los desechos siendo el plástico el segundo lugar con 3600 toneladas cada año. En nuestra ciudad la situación es similar o peor, según La República (2021), nos indican que la mayor cantidad de desechos encontrados en la ciudad de Chimbote son en su mayoría compuesta por plásticos y mascarillas usadas que son desechados por los habitantes que transitan por este lugar.

En el A.H. Bello Sur, se observó un suelo con poca estabilidad para el tránsito vehicular, así mismo esta vía no se encuentra asfaltada provocando levantamiento de polvo perjudicando a su vez a los pobladores que transitan esta vía, por lo tanto, se propuso una alternativa del uso de PET reciclado para estabilizar la vía, mejorando la transmisibilidad peatonal y vehicular.

Se planteó el siguiente problema. ¿Cuál es el efecto en la estabilización de subrasante con el uso de PET reciclado en el A.H. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash?

A su vez se planteó las siguientes problemáticas específicas. ¿Cómo determinar la dosificación de uso de PET reciclado en la estabilización del suelo del A.H Bello Sur? ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas con adición de PET reciclado con el 1%, 3% y 6% en el suelo en el A.H. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash? y ¿Cómo se diferencia las propiedades mecánicas del suelo natural y del suelo con adición de PET al 1%, 3% y 6%?

Teniendo en cuenta que el plástico es un componente contaminante y desechado en gran masa de forma diaria en todo el mundo, el uso de reciclar este componente generando modernas alternativas para adicionar al mejoramiento de los suelos naturales aplicando en pequeñas partículas ya que ayuda al aumento de las propiedades mecánicas y físicas del suelo, a su vez genera mejor desarrollo económico y social, porque al tener un mejor suelo generar una mejor transitabilidad vial posteriormente generando así un mejor acceso entre diferentes puntos de comunicación, y no solo eso genera uso de PET reciclado como alternativa de mejoramiento de vías, sino también al medio

ambiente que es un punto muy importante a tratar hoy en día (Aquino y Miranda 2021: 6p).

La presente investigación estuvo enfocada a analizar y estudiar la estabilización del suelo incorporando PET reciclado, el cual tiene propiedades que pueden mejorar las características del suelo de la zona en que se ejecutarán los estudios, ya que este asentamiento humano nos indica que su suelo cuenta con una pésima capacidad de soporte, Es importante decir que Chimbote tiene un nivel de contaminación por residuos plásticos muy evidente, tanto en el océano como en el río Lacramarca, debido a todo lo anteriormente expuesto se decidió llevar a cabo esta investigación y así contribuir y mejorar el suelo en el A.H. Bello Sur, a si también disminuir la contaminación ambiental que genera el plástico en nuestra localidad.

Teniendo en cuenta la presente investigación se determinó como el objetivo general: Determinar el efecto del PET reciclado en la estabilización de sub rasante en el A.H. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash, demás los objetivos específicos: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el A.H. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash; determinar las propiedades químicas del Tereftalato de polietileno reciclado; realizar la comparación entre las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y del suelo con adición de PET al 1%, 3% y 6% y finalmente realizar el análisis de varianza para determinar el porcentaje óptimo de adición de PET reciclado en el A.H. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash, considerando la siguiente hipótesis: la adición del 1%, 3% y 6% de PET reciclado, mejoraría las propiedades física-mecánicas del suelo en el AA.HH Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los antecedentes contamos a nivel internacional, Brajesha y Kumar, Sultanpur, India (2018), en su apartado científico, se buscaba determinar todo lo que produce las fibras de Tereftalato de polietileno reciclado con añadidura de restos de cenizas de humo en las cualidades de la subrasante del suelo, cuyo objetivo principal fue identificar si el Tereftalato de polietileno reciclado con añadidura de cenizas volantes incrementan la capacidad portante de subrasante, además definir las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La metodología empleada es experimental, se concluyó que la proporción adecuada del Tereftalato de polietileno reciclado es un 1.2%, por otro lado, para las cenizas volantes es 1.5% del peso con respecto al suelo, este artículo científico tuvo un aporte importante en nuestra investigación, ya que nos indicó que al momento de usar PET reciclado debe de ser en cantidades reducidas. (p.1)

A sí mismo, Arteaga, Bogotá, Colombia (2018) en su investigación, fue realizar una comparación de la actitud de un apoyo granular modificado agregando cemento, cambiando el material granular con PET reciclado, para determinar si puede ser empleado como estabilizador. La metodología empleada fue experimental, concluyendo que el Tereftalato de polietileno es un buen aditivo en especial cuando se emplea en un 6%, debido a que esto reduce en 5% la adición de cemento, también logra incrementar la capacidad portante del suelo, esta investigación tuvo el alcance necesario en nuestra investigación, puesto que los autores nos recalcan que el PET puede ser utilizado como un estabilizador para que pueda soportar cargas. (p.91)

Por su parte, Arbelaez y Gorgora, Ibagué, Colombia (2019,), en su ensayo tiene la finalidad de analizar la conducta de un suelo reforzado a través de la implementación de fibras de PET con dimensiones de 2 mm de ancho, 8cm de largo y 0.5mm de volumen con el fin de dar estabilidad al terreno natural. La metodología utilizada fue experimental concluyendo que al ejecutar las incorporación de polietileno tereftalato, como componente de refuerzo, estas afectaron favorablemente la forma de cómo se comporta el suelo de tipo arcilloso de alta plasticidad, ya que la probeta que tenía 0.3% de inclusión de PET y 15 golpes de compactación erraron al recibir un esfuerzo compresivo de 0.14 kg/m² mientras que otra con 1.2% de inclusión de PET y 56 golpes de compactación tuvieron una resistencia de 0.33kg/m², este ensayo apporto significativamente en

nuestra investigación, ya que nos recalca que al momento de añadir el PET al suelo de tipo arcilloso, aumento favorablemente su capacidad de soporte. (p. 99)

A nivel nacional Zenteno, Puno, Puno (2018), en su tesis, su objetivo fue analizar cómo influye la estabilización de un suelo fino con PET a sus características mecánicas del suelo para la estructuración de pavimentos flexibles. Su estudio empleó el método experimental correlacional y llegó a la conclusión de que al estabilizar el suelo fino con adición de PET las propiedades mecánicas del suelo se mejoran volviendo a este adecuado para la estructuración de la subrasante y sub base para el pavimento, esta investigación nos aportó gran cantidad de información, puesto que nos recalca que el PET también puede utilizarse en suelos finos y a su vez mejora sus propiedades tanto mecánicas como físicas. (p. 203)

También Guzmán, La victoria, Chiclayo (2019), en su trabajo de investigación el cual su objetivo fue examinar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019. Se empleó el método cuantitativo, concluyendo que, con la añadidura de Tereftalato de polietileno reciclado de envases descartados, se logra mejorar las características mecánicas – físicas del suelo como agregado para la subrasante, en el área evaluada se encontró en su mayoría arcilla, teniendo una granulometría que es fina, carece de partículas de gran diámetro, estas son fundamentales para tener una adecuada capacidad portante, es por esto que al añadir PET en un 1.5% del PS del suelo, con una forma rectangular de 5 y 10 milímetros, se pudo observar un mejoramiento del porcentaje de CBR en 26%, esta investigación nos brindó mucha información a nuestra investigación, ya que nos indica que tanto el PET en buen estado como el PET reciclado cumplen su función de estabilizar los suelos sin diferencia alguna y a su vez componentes no varían en gran medida.(p. 53)

Por otra parte, Cuellar y Vega, Jaén, Cajamarca (2020), en su tesis, teniendo como objetivo principal estudiar la estabilización de subrasante en suelo inadecuado con geosintético generado por envases plásticos reciclados, se empleó la metodología cuantitativa, por otro lado al añadir geosintético en una profundidad de 1.27 cm se obtiene un CBR de 6.54% que de acuerdo con el MTC esto clasifica la subrasante como regular que no requiere mejora, llegando a la conclusión que de acuerdo con los criterios brindados por el manual de

carreteras del MTC, el suelo evaluado conforme al CBR encontrado se tiene una subrasante deficiente, esta investigación tuvo un impacto favorable en nuestra investigación, ya que nos demuestra que el PET reciclado en ciertos tipos de suelos es un buen estabilizador y cumple su función de soportar cargas. (p. 129)

Cobeñas, San Jacinto, Nepeña (2018), su tesis, el objetivo principal fue analizar el efecto de los residuos plástico reciclado para la compactación del suelo patrón, además identificar qué tipo de suelo es e indicar las propiedades mecánicas y físicas del suelo, así mismo obtener una muestra homogénea del suelo con cada proporción de un porcentaje del 0.2%, el 0.5%, el 1.0% y el 1.5%. El tipo de Investigación es No experimental – Correlacional. Llego a la conclusión que el mejor aditivo es del 1.5% de PET, porque este incrementa el mejoramiento del CBR cuya densidad seca es 1.94 gr/cm³ y la humedad optima es 7.90% respectivamente, esta investigación influyo en nuestra investigación, puesto que nos indicaron cual es el porcentaje optimo que se puede utilizar el PET para poder estabilizar un suelo sin que afecte a este mismo y por lo contrario mejore sus propiedades del suelo. (p. 170)

Por otro lado, Castillo y Saucedo, Miraflores alto, Chimbote (2019), en la investigación, su principal objetivo fue analizar el efecto del Polietileno de Tereftalato para estabilizar el suelo. La metodología empleada en esta tesis fue no experimental y correlacional. Concluyeron que el mejor porcentaje del Polietileno de Tereftalato añadido en el suelo fue de 3% que mejora las propiedades mecánicas de este incrementando el CBR a 14.88% analizado a un 95% de la MDS, que mejora la subrasante regular que se tenía a una buena, por otro lado, al añadir un 6% de Polietileno de Tereftalato el CBR se reduce a un 2.93% volviendo la subrasante inadecuada, esta investigación influyo en nuestra investigación, ya que nos recalca cual es el porcentaje mas optimo que se puede utilizar el PET para poder estabilizar un suelo y a su vez nos indican cual es el porcentaje que no debemos utilizar si le queremos que el PET funcione como estabilizador. (p. 171)

Finalmente, Aquino y Miranda, Nuevo Chimbote, Áncash (2021), en su tesis su principal objetivo fue determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo. El tipo de Investigación es No experimental – Correlacional. Llegaron a la conclusión que el porcentaje adecuado del PET para ser adicionado al suelo es de 2% beneficiándolo en su CBR y Proctor,

determinaron que, si es factible estabilizar el suelo con material de PET reciclado, de una manera adecuada, esta investigación influyo a gran medida, puesto que nos recalcan que su porcentaje óptimo de PET reciclado es de 2%, puesto que mejora sus propiedades del suelo patrón que utilizaron en su investigación. (p.216).

En cuanto a las definiciones, Zenteno (2015, p. 39), en el suelo, se componen de minerales derivados de la desintegración de la roca madre, influenciada por factores temporales, climáticos y acuosos. La materia orgánica, resultado de la descomposición de animales y plantas, tiene la capacidad de retener importantes cantidades de agua y es rica en minerales. El aire y el agua llenan los espacios porosos del suelo, los cuales se generan debido a las irregularidades en la forma y tamaño de las partículas del suelo. En ingeniería civil, este material se utiliza en diversos proyectos, lo que motiva la necesidad de clasificar los suelos. Este proceso se lleva a cabo mediante el análisis granulométrico, siguiendo los parámetros de la normativa AASHTO, que clasifica los suelos en siete grupos desde A1 hasta A7. Además, existe el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que divide los suelos en dos grupos.

De acuerdo con el MTC (2014, p. 97), hay diversos métodos para estabilizar suelos, y uno de ellos es la estabilización a través del reemplazo de suelo. La efectividad de este método dependerá de la capacidad de carga del suelo. Hay dos enfoques principales para implementar este tipo de estabilización. En el primer método, se realiza un corte de 15 cm en el suelo natural, seguido por otro corte en el que se añaden materiales prestados. Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de compactación para lograr la estabilización deseada. La segunda forma de abordar esta estabilización implica el reemplazo mediante la incorporación de materiales prestados. Esta opción se considera viable cuando el índice de soporte CBR (California Bearing Ratio) es inferior.

La estabilización con cal es comúnmente empleada en suelos arcillosos con el objetivo de incrementar su capacidad de carga. Este proceso se basa en la reacción entre el óxido de calcio (CaO) y el agua al entrar en contacto, catalizada por la mezcla de alúmina y sílice presentes en el suelo. Esta interacción genera aluminatos de calcio y silicatos, evitando la compresión y expansión del suelo. Es relevante destacar que estos componentes se integran de manera más eficaz

con las propiedades mecánicas y físicas de la mayoría de los suelos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 101).

Para Elías y Jurado (2010, p. 120), el PET, compuesto por petróleo en su estado crudo, gas y aire, presenta características de gran relevancia en la construcción de proyectos en Ingeniería Civil. Entre estas se incluyen su alta resistencia térmica, química y al desgaste, además de ser un material ligero y altamente reciclable.

Según Alfahdawi et al (2016, p. 1157), ciertamente, se pueden encontrar diversas formas de emplear los materiales que descartamos, como los envases plásticos. Varias investigaciones han explorado su uso como aditivos para mejorar las características del concreto. Estas aplicaciones buscan reducir la cantidad de cemento utilizada y disminuir el peso de algunas estructuras, lo que demuestra el potencial de reutilizar y reciclar materiales para contribuir a la sostenibilidad en la construcción.

El tereftalato de polietileno (PET) ha experimentado una amplia variedad de usos en la época actual, lo que evidencia la considerable influencia del plástico desde la década de 1970 hasta la actualidad en el ámbito de la ingeniería moderna (Azzawi, 2015, p. 5).

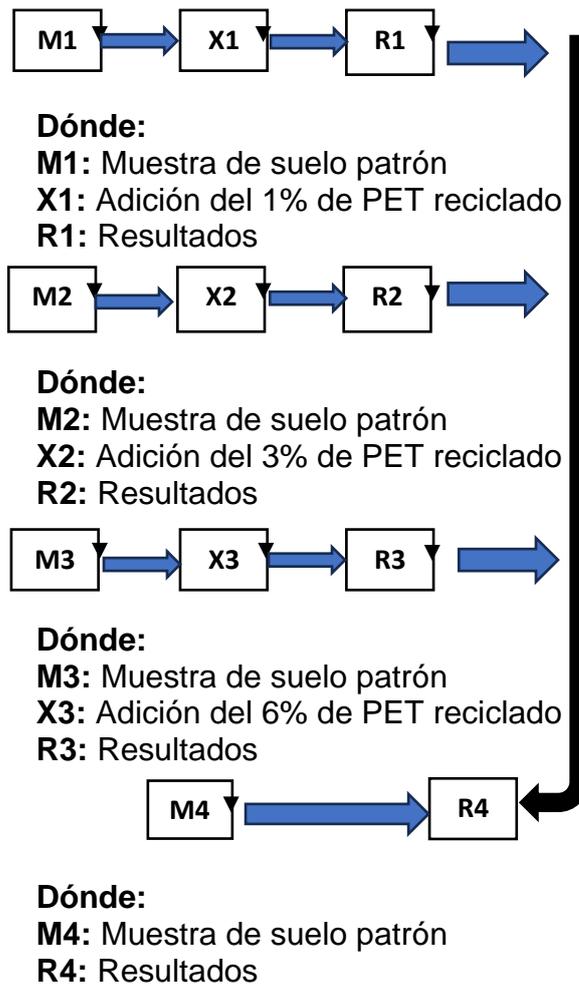
III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de Investigación: La actual investigación es de tipo aplicada, ya que aprovecha diferentes conocimientos de anteriores investigaciones para poder resolver inquietudes nuevas. Este proyecto de investigación se optó por usar las variables de adición de polietileno de tereftalato y la estabilización de suelos. Según Murillo (2008), la investigación aplicada es caracterizada por emplear conocimientos ya obtenidos, para al mismo tiempo obtener otros mediante la aplicación de estos, es decir llevar a la práctica los conocimientos de investigaciones pasadas para poder obtener nuevos.

En cuanto al enfoque fue de tipo cuantitativo, este se aplica de forma directa en el trabajo de verificar y cerciorarse de teorías a través de estudios de muestras representativas, todo siguiendo una estructura sistematizada. Según Hernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo sigue una secuencia y es probatorio, ya que toda la investigación tiene un proceso y no se puede saltar alguno de los procesos, además se emplean métodos estadísticos para probar las hipótesis planteadas a partir de las variables empleadas.

Diseño de Investigación: Experimental - cuasiexperimental, Esto es porque la variable independiente es examinada para estudiar los diferentes efectos o alteraciones que se produzcan en la variable dependiente. Para Hernández y Baptista (2014), este tipo de diseño es el que emplea una variable independiente para analizar cómo puede influir sobre una o más variables que son dependientes. En cuanto al esquema de investigación se tiene lo siguiente:



3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variable Independiente:

Polietileno de Tereftalato Reciclado.

Definición conceptual: Es de los materiales plásticos más empleados, especialmente para embalaje. En cuanto a su concepción química, el tereftalato de polietileno o PET es un poliéster. Se consigue por policondensación de ácido tereftálico y etilenglicol.

Una vez conseguido el material, es posible procesar en productos posteriores de varias maneras: fundición, extrusión, termoformado, fundición y soplado, soplado de preformas, etc. Si se requiere claridad en el material, se debe enfriar rápidamente después del procesamiento. (Envaselia, 2018, p.1).

Definición operacional: El polietileno de tereftalato será trozado en forma de escamas y se examinará de manera proporcional a la muestra de suelo en 1%, 3% y 6%.

Dimensiones: Propiedades Mecánicas, composición Química.

Indicadores: Resistencia a la tracción, Etilenglicol, Dureza, coeficiente de fricción, Ácido Tereftálico.

Escala de medición: Escala nominal, escala de razón.

3.2.2. Variable Dependiente:

Estabilización de Suelos.

Definición conceptual: Tiende a medrar las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia manteniendo la estabilidad en el tiempo. El proyecto de estabilización aditiva incluye la clasificación del suelo, la determinación del tipo y cantidad de estabilizante y el procedimiento de estabilización. (Instituto de la construcción y gerencia, 2013, p.64).

Definición operacional: Este método permite incrementa las propiedades mecánicas y físicas del suelo añadiendo un aditivo correspondiente con el tipo de suelo.

Dimensiones: Propiedades Mecánicas, propiedades Físicas.

Indicadores: Clasificación de suelo, capacidad portante.

Escala de medición: Escala Nominal, escala de razón.

3.3. Población, Muestra y muestreo.

3.3.1. Población

Según López (2004, p. 1), Se entiende por población a un grupo de objetos o personas de quien se precisa averiguar algo, dentro de las investigaciones estos grupos generalmente están conformados por individuos, animales, registros médicos, muestras de diversos materiales entre otros. La presente investigación, optó como población el área de la Subrasante del Asentamiento Humano Bello Sur que es de 52,459.50m².

3.3.2. Muestra

Para Canales, Alvarado y Pineda (1994, p. 108), nos indica que la prueba de muestra es un subconjunto del universo o población de la cual se realizará la investigación además esta deberá representar a la población.

Para obtener la muestra consideramos los criterios de La Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos, esta nos dice que en cada punto de investigación será a cada 3600m² con una profundidad mínima de 1.50m² para una vía local, en la presente investigación se realizó 5 calicatas.

3.3.3. Muestreo

Según López (2004, p. 1), se entiende por muestreo a un método usado en la selección de componentes que constituyen la muestra de habitantes, estas son un grupo de reglas, criterios y procesos con los que se puede determinar un grupo de componentes para una población que lograrán transmitir la realidad en la que se encuentra esta. Para la presente investigación se consideró un muestreo no probabilístico – consecutivo debido a que se extraerán muestras mediante la realización de calicatas, cada una a 3600m² de la otra.

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

3.4.1. Técnicas

Según Fidias (2012, p.69), las técnicas dentro de una investigación se entienden como el proceso o método para recolectar datos e información, estas serán específicas de cada disciplina. Se empleo la técnica de observación ya que se realizaron ensayos en laboratorio los cuales fueron monitoreados para obtener los resultados.

3.4.2. Instrumentos

También Fidias (2012, p.69), indica que para la recolección de datos se pueden utilizar cualquier tipo de instrumento de todo recurso, formato u dispositivo ya sea escrito de forma manual o digital en el cual se pueda anotar o recopilar información.

Siguiendo los criterios brindados por la norma ASTM que se haya en el manual de ensayos del M.T.C (Ministerio de transporte y comunicaciones) se realizaron los ensayos pertinentes.

Estos instrumentos que corresponde a la técnica establecida anteriormente, está referida a fichas de observación, las cuales nos

permitió obtener los resultados requeridos para determinar el propósito usual y los específicos del estudio, donde las normas empleadas fueron:

- ASTM D 6913 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107)
- ASTM D 2216 “Ensayo de humedad natural” (MTC E 108)
- ASTM D 4318 “Limites de Atterberg” (MTC EM 110, 111)
- ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor modificado” (MTC E 115 – 2000)
- ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132-2000)

3.4.3. Validez y confiabilidad

Para la presente investigación no se realiza validez y confiabilidad, debido a que los instrumentos empleados ya se encuentran validados por las autoridades pertinentes bajo la normativa ASSHTO y ASTM, las cuales corroboran la confiabilidad, validez y calidad de cada ensayo.

3.5. Procedimiento

Para empezar, realizamos el reconocimiento del terreno del Asentamiento Humano Bello Sur donde podemos ver que la zona es de tipo arenosa, donde tomaremos el tramo principal donde analizaremos la sub rasante y se procederá a extraer muestras de cada calicata realizada, estas deberán colocarse en contenedores especiales para que se conserve su humedad y estado natural, después se transportara al laboratorio de suelos GEOLAB y una vez ahí se procederá a la identificación de las propiedades físicas y mecánicas del terreno en el Asentamiento humano bello sur mediante la realización de los estudios pertinentes empleando los criterios brindados por las normativa CE. 010 de pavimentos urbanos y las normativas del MTC E132, MTC E 115, ASTM D 4318 Y MTC E 108 en estos se especifica los pasos a seguir, materiales necesarios, equipos y la proporción de muestra requerida para ejecutar cada ensayo. Después para determinar las propiedades químicas del Tereftalato de polietileno reciclado se realizarán ensayos utilizando muestras de PET reciclado siguiendo los criterios de las normas ASTM D570, ISO 1183, ASTM D3985, ASTM D795, ASTM D 1894 Y ASTM D 882.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para realizar la presente investigación se ejecutó un análisis de acuerdo a la hipótesis planteada, de esta manera se podrá recolectar datos acorde a los ensayos realizados al momento de extraer del suelo, como la densidad, resistencia, capacidad portante y también en el caso de las muestras de PET reciclado, por otro lado, para procesar los datos que se obtuvieron se empleó el programa Microsoft Excel, en este se utilizará un análisis cuantitativo estadístico, utilizando diferentes tablas y diferentes gráficas o encuestas. Los datos se obtendrán siguiendo los criterios de las normativas correspondientes con la finalidad de que nuestros resultados sean precisos y confiables. Se empleó la estadística descriptiva e inferencial mediante el uso del programa EXCEL.

3.7. Aspectos éticos

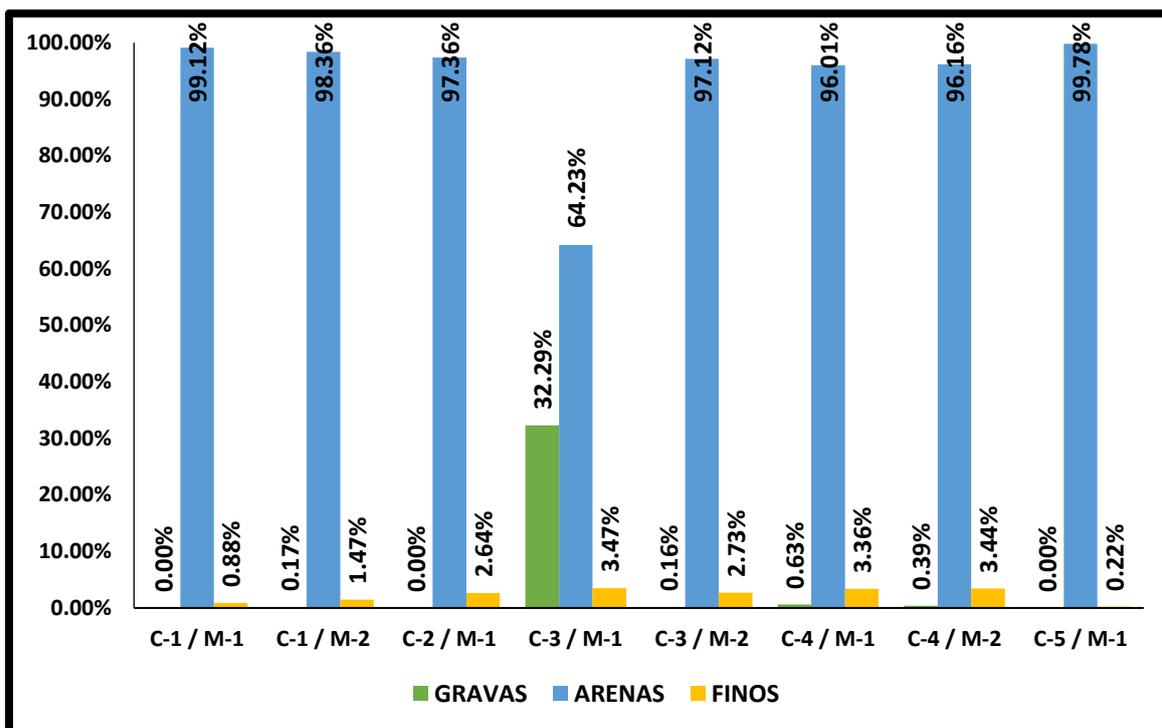
En los principales sentidos de la ética en investigación del Artículo 3 del capítulo II del código de ética en investigación (2020), se tuvo en cuenta la integridad humana al reconocer la primacía del ser humano sobre los intereses científicos, sin importar su origen, estatus social o económico, etnia, género, cosmovisión cultural u otras características. La justicia se refiere al trato equitativo de todos los participantes en la investigación, sin exclusiones, para favorecer su óptimo desarrollo. Asimismo, se considera la libertad, asegurando que la investigación se lleve a cabo de manera libre e independiente de intereses económicos, políticos, religiosos u otros, y con respeto a la propiedad intelectual. En este contexto, el personal científico debe respetar los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, evitando totalmente o en parte el plagio en la investigación de otros autores. Finalmente, La responsabilidad recae en los investigadores, quienes asumen las consecuencias de las acciones resultantes del proceso de investigación o de la difusión de los productos. En cuanto a la transparencia, se requiere que el estudio se divulgue de manera que permita la reproducción de la metodología y la verificación de la validez de los resultados, excepto en casos de patentes. Además, se destaca la precaución: incluso ante dudas sobre los riesgos y las posibles

consecuencias negativas de ciertas investigaciones, es imperativo tomar todas las precauciones disponibles para prevenir daños futuros.

IV. RESULTADOS

Propiedades físicas y mecánicas del suelo en el AA.HH. Bello Sur, Nuevo Chimbote, Ancash

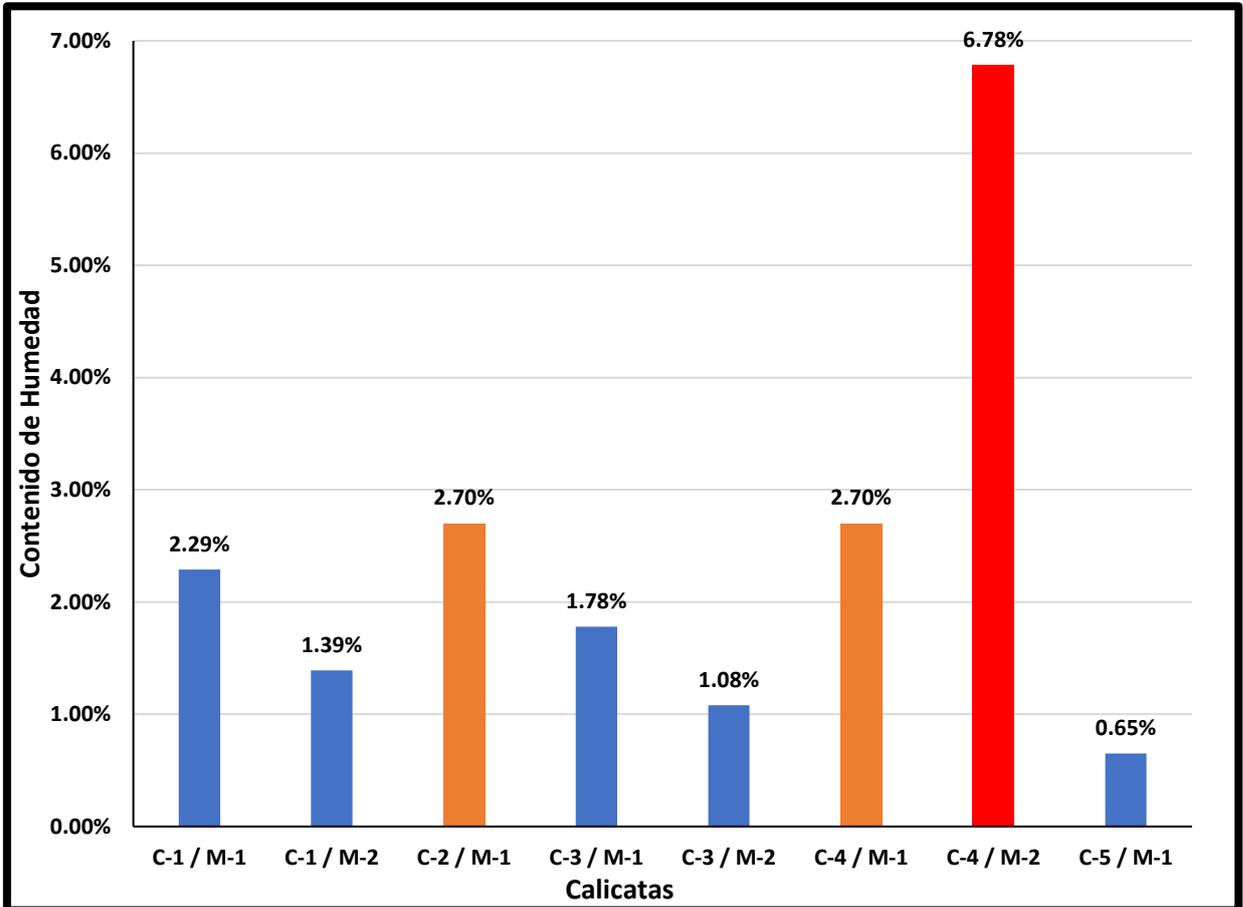
Gráfico N° 1: Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-6913) del suelo patrón del asentamiento humano Bello Sur.



Fuente: GEOLAB.

Interpretación: Como se puede observar en el gráfico, el terreno evaluado está conformado por tres tipos de suelos, siendo que este presenta mayor porcentaje de arena, en cuanto a los otros componentes del terreno en segundo lugar está el material de gravitas y finalmente se encontró finos en especial en las calicatas C-3/M-1 y C-4/M2 realizadas. De acuerdo con la norma ASTM D 6913 "Análisis Granulométrico", según los resultados obtenidos se clasificó el suelo como un tipo A-3, por lo tanto no tiene plasticidad.

Gráfico N° 2: Contenido de Humedad (%) (ASTM-D2216) del suelo patrón del AA.HH. Bello Sur.

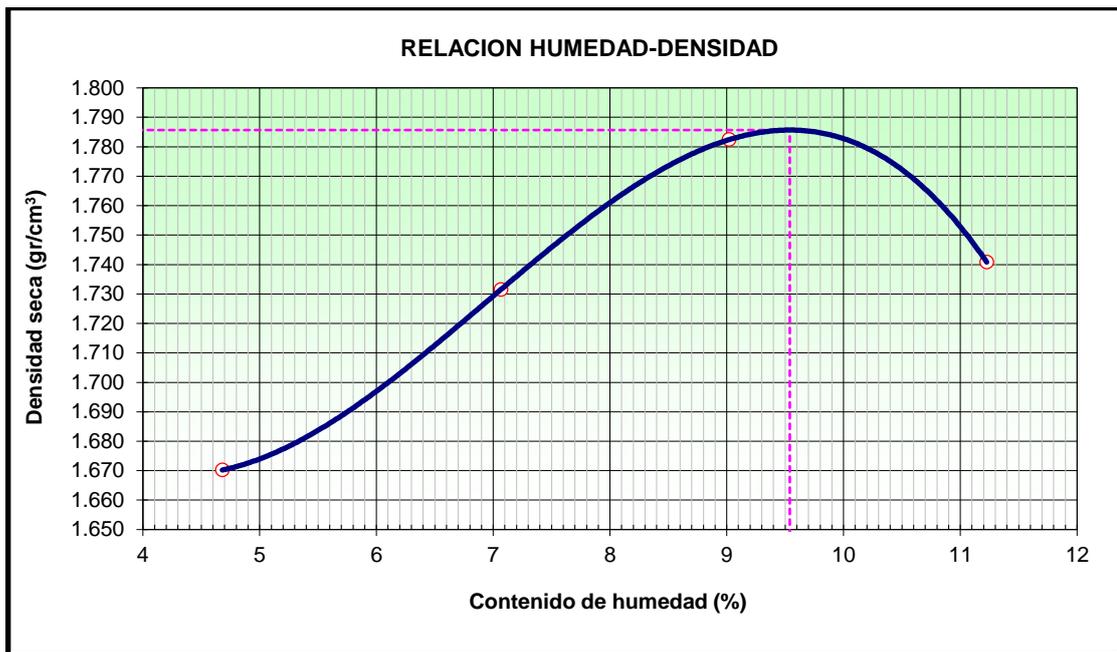


Fuente: GEOLAB.

Interpretación: De acuerdo con los resultados obtenidos por el ensayo de contenido de humedad, la humedad presente en cada calicata es distinta siendo la calicata C-4/M-2 es el que mayor porcentaje de humedad presentaron, por otro lado, la calicata C-5/M-1 es la que menor porcentaje de humedad presentaron.

Dentro de los ensayos empleados para determinar las características mecánicas se realizó del ensayo de Proctor Modificado para la calicata C-1/M-1 esto debido a que se realizó un perfil estratigráfico el cual demostró que es homogéneo.

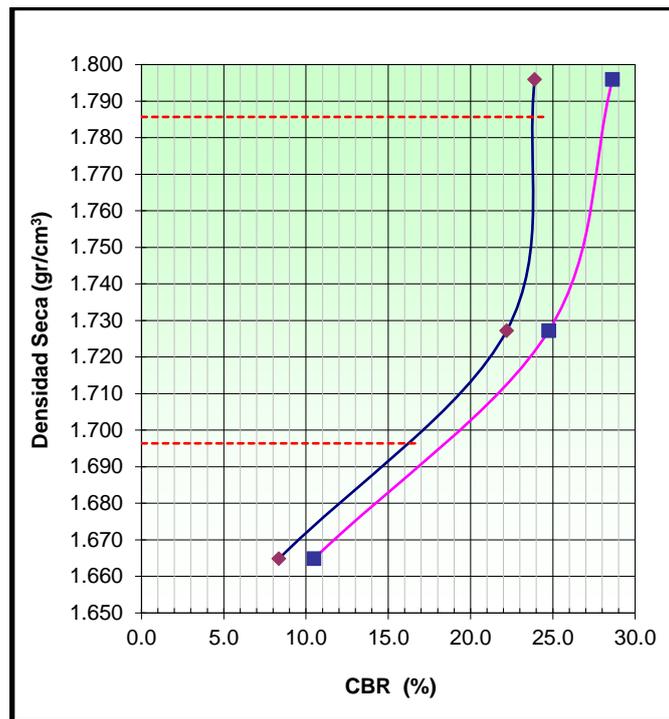
Gráfico N° 3: Proctor Modificado del suelo del AA.HH. Bello Sur.



Fuente: GEOLAB.

Interpretación: Según los resultados de la prueba Proctor modificada, como se muestra en el gráfico N°03, el suelo natural tiene un contenido de humedad óptimo del 9.5% y una densidad seca máxima de 1.786 g/cm³.

Gráfico N° 4: CBR del suelo del asentamiento humano Bello Sur.



Fuente: GEOLAB.

Interpretación: Según el gráfico N°04 con respecto al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de CBR de 16.7%

Propiedades químicas del Tereftalato de polietileno reciclado

Tabla N° 1: Propiedades Físicas y Mecánicas

Propiedades		Método	Unidad	Resultados
Físicas	Absorción de agua	ASTM D570	%	0.47
	Densidad	ASTM D1505	Kg/m ³	1393.64
Mecánicas	Dureza Shore	ASTM D2240	HA	61.11
	Resistencia a la tracción	ASTM D882	MPa	163.42

Fuente: SLAB

Interpretación: De acuerdo con la tabla N°1 se determinó las propiedades de Absorción de agua en un 0.47%, su Densidad en 1393.64 Kg/m³, Dureza Shore en 61.11 HA y la Resistencia a la tracción con 163.42 MPa.

Tabla N° 2: Propiedades Químicas

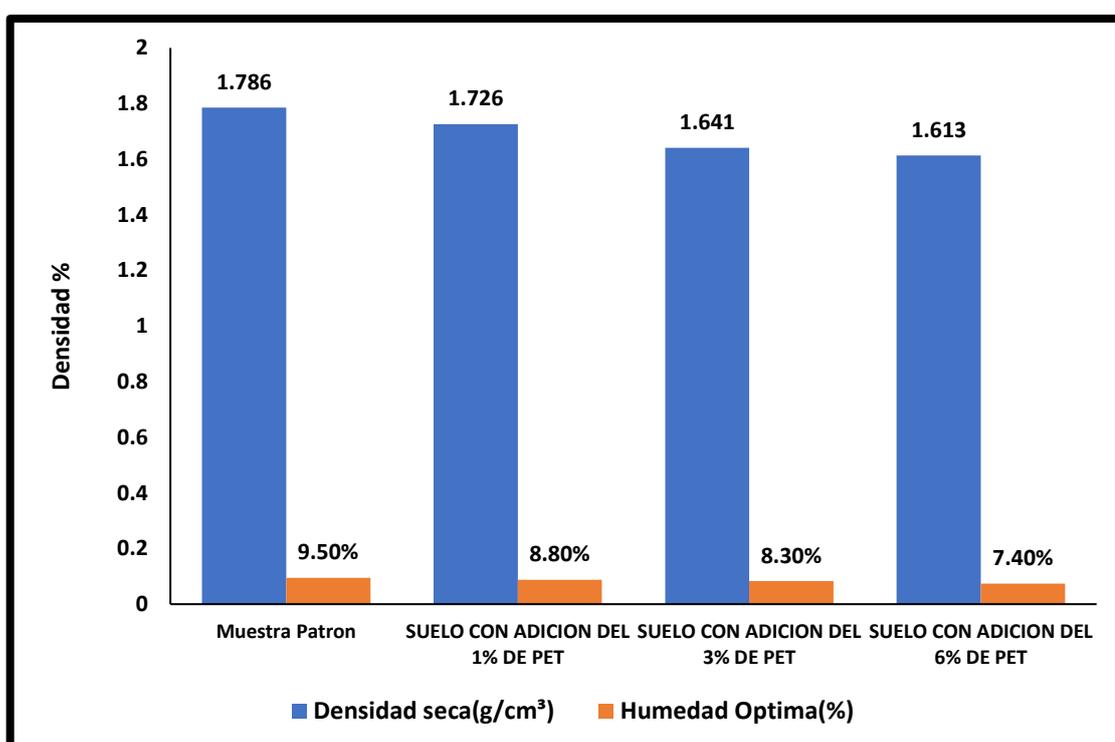
Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Determinación de Etilenglicol	NTP. 399. 163 - 13	mg/kg	<3.00
Determinación de A. Tereftálico	NTP. 399. 163 - 12	mg/kg	<0.20

Fuente: SLAB

Interpretación: Según la tabla de propiedades químicas, el PET reciclado contiene menos de 3 mg/kg y menos de 0.2 mg/kg, dentro de los parámetros a pesar de su uso.

Comparación entra las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y del suelo con adición de PET al 1%, 3% y 6%

Gráfico N° 5: Proctor Modificado para suelo del asentamiento humano Bello Sur con adición de 1%,3% y 6% de PET.

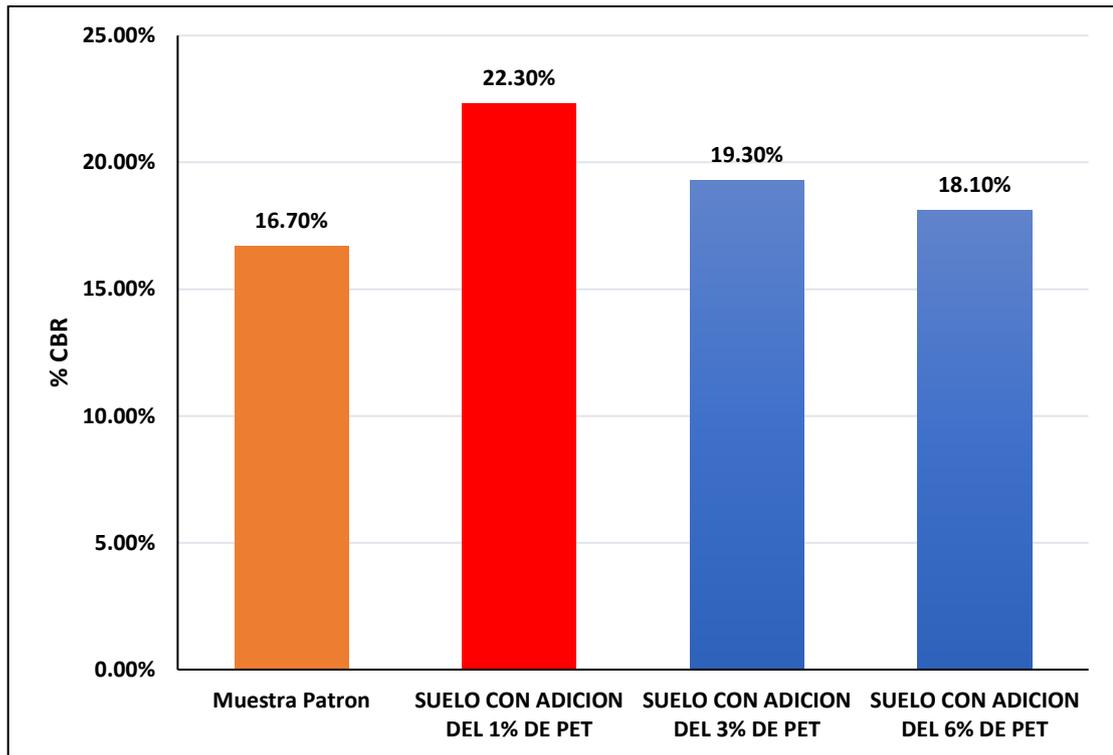


Fuente: GEOLAB.

Interpretación: En el gráfico se puede observar que la humedad óptima del suelo de referencia es de 9.5%, con una densidad máxima de 1.786 g/cm³. Al agregar un 1% de PET, la humedad óptima disminuye a 8.8%, y la densidad máxima alcanza 1.726 g/cm³. Este patrón se repite al adicionar un 3% de PET, donde la humedad óptima disminuye a 8.3%, y la densidad

máxima llega a 1.641 g/cm³. De manera similar, al agregar un 6% de PET, la humedad óptima continúa disminuyendo a 7.40%, y la densidad máxima se reduce a 1.613 g/cm³. Estos resultados indican que a medida que se incorpora más PET, la humedad óptima disminuye, afectando la densidad máxima del suelo.

Gráfico N° 6: Capacidad de Soporte CBR(%) del suelo del asentamiento humano Bello Sur con adición de 1%,3% y 6% de PET.



Fuente: GEOLAB.

Interpretación: Se observa que el suelo de referencia tiene un CBR del 16.70%. Cuando se añade un 1% de PET, el CBR aumenta a 22.30%, indicando un beneficio en la capacidad de carga del suelo. Sin embargo, se observa un efecto negativo al agregar un 3% de PET, ya que el CBR disminuye a 19.30%. Este efecto adverso se repite con la adición del 6% de PET, donde el CBR disminuye aún más, alcanzando un valor de 18.10%. Estos resultados sugieren que a medida que se incrementa el porcentaje de adición de PET, se afecta negativamente la capacidad de carga del suelo.

Tabla N° 3: Comparación Proctor

PROCTOR MODIFICADO	SUELO PATRON	SUELO + 1%	SUELO + 3%	SUELO + 6%
CONTENIDO DE HUMEDAD	9.50%	8.80%	8.30%	7.40%
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.786 gr/cm ³	1.726 gr/cm ³	1.641 gr/cm ³	1.613 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la humedad que presento el suelo patrón fue de 9.50%, en cambio al añadir el PET a un 1% este valor se redujo a un 8.80%, siendo este el menor valor encontrado en cambio al añadir un 6% de PET el contenido de humedad encontrado fue de 7.40%. por otro lado, la densidad máxima seca encontrada en el suelo patrón fue de 1.786%, en cambio al añadir el PET se redujo el valor de la densidad presente en cada muestra siendo la muestra con 1% de PET la que mayor cambio género.

Tabla N° 4: Comparación CBR

CBR	SUELO PATRON	SUELO + 1%	SUELO + 3%	SUELO + 6%
CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO	16.70	22.30	19.30	18.10

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la capacidad de soporte del suelo este se logró mejorar ya que el suelo patrón de acuerdo a su CBR se clasifico como una subrasante regular, al añadir el PET este valor de CBR se mejoró a un 22.30% convirtiéndola en una subrasante excelente.

Finalmente se realizó los análisis previos en el Anexo N° 2 para poder enfatizar el análisis de varianza para el factor del CBR.

Tabla N° 5: Análisis de varianza del CBR

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	551.12	1	551.12	86.9274448	0.0000862	5.987377607
Dentro de los grupos	38.04	6	6.34			
Total	589.16	7				

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El resultado del ANOVA CBR nos detalla que la hipótesis nula es rechazada, dado que la probabilidad (P) del ANOVA CBR es menor al 0.05, esto quiere decir que los distintos porcentajes de PET añadidos al suelo patrón mejoran principalmente la capacidad de soporte del suelo (CBR), siendo el 1% del PET reciclado el mejor porcentaje a añadir al suelo patrón.

De acuerdo a la hipótesis planteada, la cual indica que la adición del 1%, 3% y 6% de PET reciclado, mejora las propiedades física-mecánicas del suelo en el AA.HH Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash. La cual es aceptada ya que se comprobó su autenticidad mediante los ensayos que fueron realizados, los cuales son Proctor Modificado según los criterios de la norma ASTM D - 1557 y el CBR de acuerdo a los criterios de la normativa ASTM D - 1883, Determinándose que el PET reciclado logra mejorar la capacidad de soporte del suelo, siendo el 1% el que mejor resultado obtuvo.

Análisis de Hipótesis.

En relación con la hipótesis planteada, se afirmó que la inclusión de 1%, 3% y 6% de PET reciclado podría mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo en el AA.HH Bello Sur, Nuevo Chimbote, Áncash. Esta afirmación resultó ser correcta, ya que se corroboró su validez mediante ensayos, como el Proctor Modificado según la norma ASTM D-1557 y el CBR según la norma ASTM D-1883. Estos ensayos indicaron que el material actúa como estabilizador, especialmente con un porcentaje de PET reciclado del 1%, mejorando la densidad y aumentando la capacidad de soporte del suelo.

V. DISCUSIÓN

Se expuso que el suelo analizado es uno arenoso con poca presencia de humedad y grava, se determinó que el tipo de suelo encontrado fue un A-3, este tipo de suelo es uno arenoso y cuenta con una MDS de 1.786 gr/cm³, también se encontró una H.O de 9.50%, además se determinó la Capacidad de soporte del suelo CBR siendo este de 16.70% clasificando el suelo como regular que requiere una cantidad de agua considerable y una compactación adecuada para volverse un suelo bueno. Las cuales guardan una relación con los resultados tenidos por Cobeñas (2018, p.38) el cual encontró que su terreno analizado era uno que presentaba mayor cantidad de arena con una H.O de 9.4%, una MDS de 1.86 gr/cm³ y un valor de CBR de 11.71 teniendo un terreno clasificado como regular.

Por otro lado, se determinó que el PET brinda diversas propiedades mecánicas como la dureza shore y resistencia a la tracción; también brinda propiedades físicas como la absorción de agua y la densidad, y sus propiedades químicas del PET las cuales son el etilenglicol y ácido tereftálico. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Castillo y Saucedo (2019, p.36) los cuales realizaron los ensayos de PET en un laboratorio determinando que este posee propiedades físicas y mecánicas como la absorción de agua, dureza y resistencia a la tensión y compresión entre otros, concluyendo que este material es adecuado para el mejoramiento de los suelos.

Finalmente, se determinó que la adición del 1%, 3% y 6% de PET mejora las propiedades del suelo evaluado siendo el 1% el mejor porcentaje a emplearse ya que este mejoro el valor CBR encontrado de un 16.70% a un 22.30% clasificando al suelo como uno excelente, los otros porcentajes de PET añadido tuvieron una reducción no muy significativa. En cambio, Aquino y Miranda (2021, p.39) concluyeron que el PET puede agregarse en grandes cantidades ya que añadir un 5% y 7% de PET produjo una mejoría del valor de CBR debido a que la mayor proporción de PET añadido el suelo se vuelve estable, siendo el 5% de PET añadido el mejor valor que ellos determinaron.

VI. CONCLUSIONES

1. Esta investigación dio como resultado que el suelo perteneciente Asentamiento Humano. Bello Sur, de acuerdo al método AASHTO es un A-3, esto quiere decir que el material más predominante es la arena como se puede observar en la C-1/M-1 Y C-5/M-1. En cuanto al ensayo de Proctor Modificado y el CBR, la humedad óptima su resultado fue de 9.50% con su máxima densidad seca de 1.786 g/cm³ y un CBR de 16.70% ubicándose en una Subrasante regular.
2. Se determinó que la botella de PET reciclado, tiene propiedades mecánicas como la dureza shore y resistencia a la tracción y las propiedades físicas como la absorción de agua y la densidad son adecuadas para brindar una mayor resistencia al suelo y las propiedades químicas del PET reciclado benefician a la absorción de agua para que no afecte de gran medida al suelo patrón.
3. Como se observó en la prueba ANOVA, donde resultó un $p < 0.05$, Se evaluó el suelo mejorado con el 1%, 3% y 6% de PET reciclado encontrando que la adición del PET mejora las propiedades del suelo patrón, al añadir un 1% del PET se logró mejorar las propiedades mecánicas del suelo mejorando la capacidad de soporte del terreno de un 16.7% que lo clasifica como subrasante regular a un 22.30% al 95% de la MDS, esto lo clasifica como una subrasante excelente.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Se sugiere a los futuros investigadores y diseñadores considerar la posibilidad de utilizar material reciclado de PET en la estabilización del suelo de la subrasante, ya sea para proyectos de mejora de calles. Esto se debe a que las propiedades del PET resultan beneficiosas para suelos finos.
- 2.** Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote mejorar el suelo del A.H. Bello Sur, ya que sus características que tiene el suelo no son buenas, por tal motivo sería favorable mejorar el suelo con el PET reciclado y a su vez contribuirá con el reciclaje para a si disminuir de gran manera la contaminación ambiental en toda la ciudad de Nuevo Chimbote, generando a si un gran impacto positivo al medio ambiente local.
- 3.** Se recomienda a los próximos proyectistas que al momento de realizar una pavimentación en el A.H. Bello Sur, al estabilizar la subrasante se deberá emplear un porcentaje del 1% de PET reciclado, para poder estabilizar el suelo, ya que quedó demostrado que cuando se le adiciona este porcentaje el suelo trabaja de una manera óptima y a si mismo generándole un buen rendimiento.

REFERENCIAS

1. ACOSTA, Araceli. En 2050 habrá más plástico que peces en el océano [en línea]. ABC sociedad. 14 de mayo de 2019. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2020].
Disponible en: https://www.abc.es/sociedad/abci-2050-habra-mas_plastico-peces-oceano-201601212107_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F
2. AHMAD, A. Razali, A. Razelan, S. Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review. Materials Science and Engineering, [en línea]. Febrero 2019. [fecha de consulta: 22 de octubre del 2020].
Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=134818431&lang=es&site=eds-live>
3. ARBELAEZ, Juan y GONGORA, Daniel. Refuerzo de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno (PET). Monografía de investigación (Título Profesional de Ingeniero Civil). Ibagué: Universidad de Ibagué, facultad de ingeniería, 2019. 99pp.
Disponible en: <https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1069/1/Tra bajo%20de%20grado.pdf>
4. ARTEAGA, Jefferson. Análisis del Comportamiento de la Base – Cemento para Pavimentos con adición de Residuos PET Reciclado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. 91 pp.

5. ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación [en línea]. 6.^a ed. Venezuela: Editorial Episteme, C.A., 2012 [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
ISBN: 980-07-8529-9
6. AZZAWI, Ali. Degradation studies on reeyeled polyethylene terephthalate [en línea]. London metropolitan university, 2015. [fecha de consulta: 30 de octubre del 2020].
Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsble&AN=edsble.681923&lang=es&site=eds-live>
7. BERNABÉ, Josué. Estabilización del suelo en el A.H. Solidex Bajo del C.P. San Jacinto distrito de Nepeña con material plástico reciclado con fines de cimentación de viviendas unifamiliares. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 170 pp.
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26462>
8. BRAJESHA, Mishra and KUMAR, Mohitb. Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement [en línea]. Noviembre 2018. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019].
Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0950061818322505&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0950-0618

9. CARVAJAL, Alejandra y GARZON, Rafael. Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET. Monografía de investigación (Título Profesional de Ingeniero Civil). Girardot: Universidad Piloto de Colombia, facultad de ingeniería, 2019. 75pp.
Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6482/Trabajo%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. CASTILLO, Edwin y SAUCEDO, Yeremmi. Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores alto. Peru: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 171 pp.
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35882>
11. COPPINI, María. Consecuencias del uso de plástico en nuestra vida cotidiana [en línea]. Geo innova. 02 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].
Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/medioambiente-uso-de-plastico/>
12. CUELLAR, Daniel y VEGA, Grace. Estabilización de subrasante de suelos inadecuados con geosintético producido de botellas plásticas recicladas. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, facultad de ingeniería, 2020. 129pp.
Disponible en: http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/276/Cuellar_TDE_Vega_FGKF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
13. CUIPAL, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 152pp.
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25124>

14. DEGRADATION of polyethylene terephthalate bottles after long sunlight exposure by Malinee Chaisupakitsin [et al]. Songklanakarin Journal of Science & Technology [en línea]. Marzo 2019. Vol.41. [fecha de consulta: 27 de abril del 2019].

Disponible

en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=136566911&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0125-3395

15. ESTÉVEZ, Ricardo. Datos sobre la contaminación que causa el plástico [en línea]. Ambientum. 28 de agosto de 2019. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible

en:

<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp>

16. GEYER, Roland, JAMBECK, Jenna y LAVANDER, Kara. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances [en línea]. Vol. 3, n° 1. Julio 2017 [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>

ISSN: 2375-2548

17. GUZMÁN, Martín. Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria – 2019. Trabajo de investigación (Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad Particular de Chiclayo, 2019. 53pp.

Disponible

en:

<http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/411/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%CC%81N%20MARTIN%20GUZMA%CC%81N.pdf.pdf>

18. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTÍSTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 4.^a ed. Mexico: McGraw-Hill, 2006 [Fecha de consulta: 14 de Mayo de 2021].
Disponibile en: <https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.files.wordpress.com/2012/03/metodologc3ada-de-la-investigacic3b3n-roberto-hernc3a1ndez-sampieri.pdf>
ISBN: 978-970-10-5753-7
19. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTÍSTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.^a ed. Mexico: McGraw-Hill, 2014 [Fecha de consulta: 14 de Mayo de 2021].
Disponibile en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0
20. LAPRESA, Josu. 2050: más plásticos que peces en los océanos [en línea]. El PAÍS. 02 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020].
Disponibile en: https://elpais.com/elpais/2018/05/31/planeta_futuro/1527757818_465356.html
21. La producción global de plásticos se ha disparado en los últimos 50 años, y en especial en las últimas décadas [en línea]. GREENPEACE. 03 de noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2020].
Disponibilidad en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/#:~:text=Hasta%20la%20actualidad%20se%20han,un%20solo%20uso%20cada%20a%C3%B1o>

22. MECHANICAL behavior of sustainable building materials using PET waste and industrial by – products by Juaréz [et al]. Facultad de ingeniería, unideversidad de Zulia, [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2020].

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/289539742_Mechanical_behavior_of_sustainable_building_materials_using_PET_waste_and_industrial_by_products

23. MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2a ed. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2002. 733pp.

24. MUÑOS, Liliana. Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. 120pp.

25. PAZ, Óscar. Contaminación: el rastro del plástico en el mar [en línea]. El Comercio. 16 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/contaminacion-rastro-plastico-mar-noticia-512417-noticia/>

26. PINEDA, Elia, ALVARADO, Eva y CANALAS, Metodología de la investigación manual para el desarrollo de personal de salud [en línea]. 2.ª ed. Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud, 1994 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2020].

Disponible

en:

<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>

ISBN: 92 75 32135 3

27. QUISPE, Esperanza y SAÑAC, Magaly. Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, facultad de ingeniería, 2019. 134pp. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/206/Influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1stico%20reciclado%20triturado-PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
28. RAMOS, Yanella y SEMINARIO, Wilmer. Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado la golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 105pp. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33852/Ramos_GYA-Seminario_CWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. SCHLOSSBERG, Tatiana. El plástico, la huella más duradera de la humanidad [en línea]. The New York Times. 21 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/es/2017/07/21/espanol/contaminacion-huella-plastico.html>
30. STABILIZATION Behavior and Performance of Loess Using a Novel Biomassbased Polymeric Soil Stabilizer by Shengyan Pu [et al]. Sichuan: Chengdu University of Technology, 25 (2): 103-114, mayo 2019

31. STRUCTURE and properties of polyethylene terephthalate treated by supercritical co2 by Shi Hui Gao [et al]. Thermal Science [en línea]. 2018. Vol.22. [fecha de consulta: 26 de octubre del 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131878960&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0354-9836
32. UTILIZING waste plastic Polypropylene and Polyethylene Terephthalate as alternative aggregates to produce lightweight concrete: A review by Ibrahim Hakeem Alfahdawi [et al]. Journal of Engineering Science and Technology, [en línea]. Agosto 2016. Vol 11. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305904606_Utilizing_waste_plastic_polypropylene_and_polyethylene_terephthalate_as_alternative_aggregates_to_produce_lightweight_concrete_A_review
33. ZENTENO, Sidney. Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 203pp. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>

ANEXOS

ANEXO N° 1

**“MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN
DE VARIABLES”**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ESTABILIZACIÓN DE SUELO	Es mejorar e incrementar las propiedades mecánicas y físicas del suelo por diversos métodos mecánicos o adhiriendo un producto químico. (Instituto de la construcción y gerencia, 2013, p.64)	Este método incrementa las propiedades físicas y mecánicas de los suelos	Propiedades Físicas	Clasificación de suelo	Escala Nominal
			Propiedades Mecánicas	Capacidad portante	Escala de Razón
POLIETILENO DE TEREFALATO RECICLADO	Se usa de diferentes maneras, ya sea en las fibras de las ropas, como artículos para el hogar, también sirve como un reforzante de neumático y de materiales aislantes (Gao et al, 2018, p.1646)	El polietileno de tereftalato será molido y se examinará de manera proporcional a la muestra de suelo en 1%, 3% y 6%.	Propiedades Mecánicas	Dureza	Escala de Razón
				Resistencia a la Tracción	Escala de Razón
				Elongación	Escala de Razón
			Composición Química	Glicol	Escala Nominal
Ester Glicol					

ANEXO N° 2

**“PRUEBA DE SHAPIRO WILKS Y
ANALISIS DE POST HOC”**

PRUEBA DE SHAPIRO WILKS

SHAPIRO WILK TEST					
Ho: $X_i = N(\mu, \alpha^2)$					
Hi: $X_i \neq N(\mu, \alpha^2)$					
i	X_i	$(X_i - \text{MED})^2$	a_i	$X_i \text{ INV}$	$\text{Dif}(X_i - X_i \text{ INV})$
1	16.70	5.76	0.6872	22.30	-5.60
2	18.10	1	0.1677	19.30	-1.20
3	19.30	0.04		18.10	
4	22.30	10.24		16.70	
<p>Esto nos indica que la Probabilidad(P) de la hipótesis nula sea cierta es muy baja Esto quiere decir que la Hipótesis nula es rechazada</p>					
X					19.10
$(X_i - \text{MED})^2$					17.04
$a_i * \text{Dif}$					-4.04956
SW c					0.962378885
SW t					0.748
p-value					<0.5

ANALISIS DE POST HOC

							Valor Prueba F	Valor P	Si/No
¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de la capacidad de soporte del CBR?							86.9274448	0.0000862	SI
HIPOTESIS NULA = El promedio de la capacidad de soporte del CBR es igual, con 95% de confiabilidad								0.05	
HIPOTESIS ALTERNATIVA = En al menos un grupo el promedio de la capacidad de soporte del CBR es distinto, con 95% de confiabilidad									
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F			
Entre grupos	551.12	1	551.12	86.92744	0.0000862	5.987377607			
Dentro de los grupos	38.04	6	6.34						
Total	589.16	7							
HSD=	6.17			M.P.	S.A. + 1% DE PET	S.A. + 3% DE PET	S.A. + 6% DE PET		
Multiplicador=	4.90			M.P.	-5.6	-2.6	-1.4		
Mse=	6.34			S.A. + 1% DE PET	5.6	3	4.2		
n=	4.00			S.A. + 3% DE PET	2.6	-3	-1.4		
				S.A. + 6% DE PET	1.4	-4.2	-1.2		

ANEXO N° 3
“TABLA DE SHAPIRO WILKS”

Coeficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2		0.7071										
3		0.7071	0.0000									
4		0.6872	0.1677									
5		0.6646	0.2413	0.0000								
6		0.6431	0.2806	0.0875								
7		0.6233	0.3031	0.1401	0.0000							
8		0.6052	0.3164	0.1743	0.0561							
9		0.5888	0.3244	0.1976	0.0947	0.0000						
10		0.5739	0.3291	0.2141	0.1224	0.0399						
11		0.5601	0.3315	0.2260	0.1429	0.0695	0.0000					
12		0.5475	0.3325	0.2347	0.1586	0.0922	0.0303					
13		0.5359	0.3325	0.2412	0.1707	0.1099	0.0539	0.0000				
14		0.5251	0.3318	0.2495	0.1802	0.1240	0.0727	0.0240				
15		0.5150	0.3306	0.2495	0.1878	0.1353	0.0880	0.0433	0.0000			
16		0.5056	0.3290	0.2521	0.1988	0.1447	0.1005	0.0593	0.0196			
17		0.4968	0.3273	0.2540	0.1988	0.1524	0.1109	0.0725	0.0359	0.0000		
18		0.4886	0.3253	0.2553	0.2027	0.1587	0.1197	0.0837	0.0496	0.0163		
19		0.4808	0.3232	0.2561	0.2059	0.1641	0.1271	0.0932	0.0612	0.0303	0.0000	
20		0.4734	0.3211	0.2565	0.2085	0.1686	0.1334	0.1013	0.0711	0.0422	0.0140	
21		0.4643	0.3185	0.2578	0.2119	0.1736	0.1339	0.1092	0.0804	0.0530	0.0263	0.0000
22		0.4590	0.3156	0.2571	0.2131	0.1764	0.1443	0.1150	0.0878	0.0618	0.0368	0.0122
23		0.4542	0.3126	0.2563	0.2139	0.1787	0.1480	0.1201	0.0941	0.0696	0.0459	0.0228
24		0.4493	0.3098	0.2554	0.2145	0.1807	0.1512	0.1245	0.0997	0.0764	0.0539	0.0321
25		0.4450	0.3069	0.2543	0.2148	0.1822	0.1539	0.1283	0.1046	0.0823	0.0610	0.0403
26		0.4407	0.3043	0.2533	0.2151	0.1836	0.1563	0.1316	0.1089	0.0876	0.0672	0.0476
27		0.4366	0.3018	0.2522	0.2152	0.1848	0.1584	0.1346	0.1128	0.0923	0.0728	0.0540
28		0.4328	0.2992	0.2510	0.2151	0.1857	0.1601	0.1372	0.1162	0.0965	0.0778	0.0598
29		0.4291	0.2968	0.2499	0.2150	0.1864	0.1616	0.1395	0.1192	0.1002	0.0822	0.0650
30		0.4254	0.2944	0.2487	0.2148	0.1870	0.1630	0.1415	0.1219	0.1036	0.0862	0.0697
31		0.4220	0.2921	0.2475	0.2145	0.1874	0.1641	0.1433	0.1243	0.1066	0.0899	0.0739
32		0.4188	0.2898	0.2463	0.2141	0.1878	0.1651	0.1449	0.1265	0.1093	0.0931	0.0777
33		0.4156	0.2876	0.2451	0.2137	0.1880	0.1660	0.1463	0.1284	0.1118	0.0961	0.0812
34		0.4127	0.2854	0.2439	0.2132	0.1882	0.1667	0.1475	0.1301	0.1140	0.0988	0.0844
35		0.4096	0.2834	0.2427	0.2127	0.1883	0.1673	0.1487	0.1317	0.1160	0.1013	0.0873
36		0.4068	0.2813	0.2415	0.2121	0.1883	0.1678	0.1496	0.1331	0.1179	0.1036	0.0900
37		0.4040	0.2794	0.2403	0.2116	0.1883	0.1683	0.1505	0.1344	0.1196	0.1056	0.0924
38		0.4015	0.2774	0.2391	0.2110	0.1881	0.1686	0.1513	0.1356	0.1211	0.1075	0.0947
39		0.3989	0.2755	0.2380	0.2104	0.1880	0.1689	0.1520	0.1366	0.1225	0.1092	0.0967
40		0.3964	0.2737	0.2368	0.2098	0.1878	0.1691	0.1526	0.1376	0.1237	0.1108	0.0986
41		0.3940	0.2719	0.2357	0.2091	0.1876	0.1693	0.1531	0.1384	0.1249	0.1123	0.1004
42		0.3917	0.2701	0.2345	0.2085	0.1874	0.1694	0.1535	0.1392	0.1259	0.1136	0.1020
43		0.3894	0.2684	0.2334	0.2078	0.1871	0.1695	0.1539	0.1398	0.1269	0.1149	0.1035
44		0.3872	0.2667	0.2323	0.2072	0.1868	0.1695	0.1542	0.1405	0.1278	0.1160	0.1049
45		0.3850	0.2651	0.2313	0.2065	0.1865	0.1695	0.1545	0.1410	0.1286	0.1170	0.1062
46		0.3830	0.2635	0.2302	0.2058	0.1862	0.1695	0.1548	0.1415	0.1293	0.1180	0.1073
47		0.3808	0.2620	0.2291	0.2052	0.1859	0.1695	0.1550	0.1420	0.1300	0.1189	0.1085
48		0.3789	0.2604	0.2281	0.2045	0.1855	0.1693	0.1551	0.1423	0.1306	0.1197	0.1095
49		0.3770	0.2589	0.2271	0.2038	0.1851	0.1692	0.1553	0.1427	0.1312	0.1205	0.1105
50		0.3751	0.2574	0.2260	0.2032	0.1847	0.1691	0.1554	0.1430	0.1317	0.1212	0.1113

Coefficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n	i	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
24		0.0107										
25		0.0200	0.0000									
26		0.0284	0.0094									
27		0.0358	0.0178	0.0000								
28		0.0424	0.0253	0.0084								
29		0.0483	0.0320	0.0159	0.0000							
30		0.0537	0.0381	0.0227	0.0076							
31		0.0585	0.0435	0.0289	0.0144	0.0000						
32		0.0629	0.0485	0.0344	0.0206	0.0068						
33		0.0669	0.0530	0.0395	0.0262	0.0187	0.0000					
34		0.0706	0.0572	0.0441	0.0314	0.0187	0.0062					
35		0.0739	0.0610	0.0484	0.0361	0.0239	0.0119	0.0000				
36		0.0770	0.0645	0.0523	0.0404	0.0287	0.0172	0.0057				
37		0.0798	0.0677	0.0559	0.0444	0.0331	0.0220	0.0110	0.0000			
38		0.0824	0.0706	0.0592	0.0481	0.0372	0.0264	0.0158	0.0053			
39		0.0848	0.0733	0.0622	0.0515	0.0409	0.0305	0.0203	0.0101	0.0000		
40		0.0870	0.0759	0.0651	0.0546	0.0444	0.0343	0.0244	0.0146	0.0049		
41		0.0891	0.0782	0.0677	0.0575	0.0476	0.0379	0.0283	0.0188	0.0094	0.0000	
42		0.0909	0.0804	0.0701	0.0602	0.0506	0.0411	0.0318	0.0227	0.0136	0.0045	
43		0.0927	0.0824	0.0724	0.0628	0.0534	0.0442	0.0352	0.0263	0.0175	0.0087	0.0000
44		0.0943	0.0842	0.0745	0.0651	0.0560	0.0471	0.0383	0.0296	0.0211	0.0126	0.0042
45		0.0959	0.0860	0.0765	0.0673	0.0584	0.0497	0.0412	0.0328	0.0245	0.0163	0.0081
46		0.0972	0.0876	0.0783	0.0694	0.0607	0.0522	0.0439	0.0357	0.0277	0.0197	0.0118
47		0.0986	0.0892	0.0801	0.0713	0.0628	0.0546	0.0465	0.0385	0.0307	0.0229	0.0153
48		0.0998	0.0906	0.0817	0.0731	0.0648	0.0568	0.0489	0.0411	0.0335	0.0259	0.0185
49		0.1010	0.0919	0.0832	0.0748	0.0667	0.0588	0.0511	0.0436	0.0361	0.0288	0.0215
50		0.1020	0.0932	0.0846	0.0764	0.0685	0.0608	0.0532	0.0459	0.0386	0.0314	0.0244

n	i	23	24	25
45		0.0000		
46		0.0039		
47		0.0076	0.0000	
48		0.0111	0.0037	
49		0.0143	0.0071	0.0000
50		0.0174	0.0104	0.0035

Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks.

n	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.937	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

Límites de significación para el test de Durbin-Watson usando un regresor.

n	$\alpha = 0.01$ (d_l, d_u)	$\alpha = 0.025$ (d_l, d_u)	$\alpha = 0.05$ (d_l, d_u)
15	(0.813, 1.072)	(0.949, 1.222)	(1.077, 1.361)
16	(0.845, 1.088)	(0.980, 1.235)	(1.106, 1.371)
17	(0.876, 1.103)	(1.009, 1.249)	(1.133, 1.381)
18	(0.903, 1.118)	(1.036, 1.261)	(1.157, 1.391)
19	(0.929, 1.133)	(1.061, 1.274)	(1.181, 1.401)
20	(0.953, 1.148)	(1.083, 1.286)	(1.197, 1.410)
21	(0.976, 1.161)	(1.104, 1.298)	(1.221, 1.420)
22	(0.998, 1.174)	(1.124, 1.300)	(1.240, 1.429)
23	(1.018, 1.187)	(1.143, 1.319)	(1.257, 1.437)
24	(1.037, 1.199)	(1.161, 1.329)	(1.273, 1.446)
25	(1.056, 1.211)	(1.178, 1.340)	(1.288, 1.454)
26	(1.072, 1.222)	(1.193, 1.349)	(1.302, 1.461)
27	(1.089, 1.233)	(1.209, 1.358)	(1.316, 1.469)
28	(1.104, 1.244)	(1.223, 1.367)	(1.328, 1.476)
29	(1.119, 1.256)	(1.230, 1.375)	(1.341, 1.483)
30	(1.133, 1.263)	(1.249, 1.383)	(1.352, 1.489)
31	(1.147, 1.273)	(1.262, 1.391)	(1.363, 1.496)
32	(1.160, 1.282)	(1.272, 1.398)	(1.373, 1.502)
33	(1.172, 1.291)	(1.284, 1.406)	(1.384, 1.509)
34	(1.185, 1.299)	(1.294, 1.413)	(1.393, 1.514)
35	(1.195, 1.307)	(1.305, 1.420)	(1.402, 1.519)
36	(1.206, 1.315)	(1.314, 1.426)	(1.410, 1.524)
37	(1.216, 1.322)	(1.324, 1.433)	(1.419, 1.530)
38	(1.227, 1.330)	(1.333, 1.439)	(1.427, 1.535)
39	(1.237, 1.337)	(1.342, 1.445)	(1.435, 1.539)
40	(1.246, 1.344)	(1.350, 1.450)	(1.442, 1.544)
45	(1.288, 1.375)	(1.388, 1.477)	(1.475, 1.566)
50	(1.324, 1.403)	(1.420, 1.500)	(1.503, 1.585)
55	(1.356, 1.427)	(1.447, 1.520)	(1.528, 1.602)
60	(1.383, 1.448)	(1.471, 1.538)	(1.549, 1.616)
65	(1.407, 1.468)	(1.492, 1.554)	(1.567, 1.630)
70	(1.429, 1.485)	(1.511, 1.569)	(1.583, 1.641)
75	(1.448, 1.501)	(1.529, 1.582)	(1.598, 1.652)
80	(1.466, 1.515)	(1.544, 1.594)	(1.611, 1.662)
85	(1.482, 1.528)	(1.557, 1.604)	(1.624, 1.671)
90	(1.497, 1.540)	(1.570, 1.615)	(1.634, 1.680)
95	(1.510, 1.551)	(1.582, 1.624)	(1.645, 1.687)
100	(1.523, 1.562)	(1.593, 1.633)	(1.654, 1.695)

TABLAS DE LOS CINCO PRIMEROS POLINOMIOS ORTOGONALES (DATOS EQUIDISTANTES) $n = 3, \dots, 19$.

$$\begin{aligned}
 P_0(z) &= 1 \quad ; \quad P_1(z) = \lambda_1 z \\
 P_2(z) &= \lambda_2 \left\{ z^2 - \frac{1}{12}(n^2 - 1) \right\} \\
 P_3(z) &= \lambda_3 \left\{ z^3 - \frac{1}{20}(3n^2 - 7)z \right\} \\
 P_4(z) &= \lambda_4 \left\{ z^4 - \frac{1}{14}(3n^2 - 13)z^2 + \frac{3}{560}(n^2 - 1)(n^2 - 9) \right\} \\
 P_5(z) &= \lambda_5 \left\{ z^5 - \frac{5}{18}(n^2 - 7)z^3 + \frac{1}{1008}(15n^4 - 230n^2 + 407)z \right\}
 \end{aligned}$$

$n = 3$			$n = 4$			$n = 5$				$n = 6$							
	P_1	P_2		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		
	0	-2		1	-1	-3		0	-2	0	6		1	-4	-4	2	10
	1	1		3	1	1		1	-1	-2	-4		3	-1	-7	-3	-5
A_{ii}	2	6	A_{ii}	20	4	20	A_{ii}	10	14	10	70	A_{ii}	70	84	180	28	252
λ_i	1	3	λ_i	2	1	$\frac{10}{3}$	λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{35}{12}$	λ_i	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{21}{10}$
$n = 7$					$n = 8$					$n = 9$							
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
	0	-4	0	6	0		1	-5	-3	9	15		0	-20	0	18	0
	1	-3	-1	1	5		3	-3	-7	-3	17		1	-17	-9	9	9
	2	0	-1	-7	-4		5	1	-5	-13	-23		2	-8	-13	-11	4
	3	5	1	3	1		7	7	7	7	7		3	7	-7	-21	-11
A_{ii}	28	84	6	154	84	A_{ii}	168	168	264	616	2184	A_{ii}	60	2772	990	2002	468
λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{20}$	λ_i	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{10}$	λ_i	1	3	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{3}{20}$
$n = 10$					$n = 11$												
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5						
	1	-4	-12	18	6		0	-10	0	6	0						
	3	-3	-31	3	11		1	-9	-14	4	4						
	5	-1	-35	-17	1		2	-6	-23	-1	4						
	7	2	-14	-22	-14		3	-1	-22	-6	-1						
	9	6	42	18	6		4	6	-6	-6	-6						
A_{ii}	330	132	8580	2860	780	A_{ii}	110	858	4290	286	156						
λ_i	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{1}{10}$	λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{40}$						
$n = 12$					$n = 13$												
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5						
	1	-35	-7	28	20		0	-14	0	84	0						
	3	-29	-19	12	44		1	-13	-4	64	20						
	5	-17	-25	-13	29		2	-10	-7	11	26						
	7	1	-21	-33	-21		3	-5	-8	-54	11						
	9	25	-3	-27	-57		4	2	-6	-96	-18						
	11	55	33	33	33		5	11	0	-66	-33						
A_{ii}	572	12012	5148	8008	15912	A_{ii}	182	2002	572	68068	6188						
λ_i	2	3	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{24}$	$\frac{3}{20}$	λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{120}$						

$n = 14$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	-8	-24		108	60
3	-7	-67		63	145
5	-5	-95		-13	139
7	-2	-98		-92	28
9	2	-66		-132	-132
11	7	11		-77	-187
13	13	143		143	143
A_{ii}	910	728	97240	136136	235144
λ_i	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{30}$

$n = 15$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-56		0	756	0
1	-53		-27	621	675
2	-44		-49	251	1000
3	-29		-61	-249	751
4	-8		-58	-704	-44
5	19		-35	-869	-979
6	52		13	-429	-1144
7	91		91	1001	1001
A_{ii}	280	37128	39780	6466460	10581480
λ_i	1	3	$\frac{5}{6}$	$\frac{35}{12}$	$\frac{21}{20}$

$n = 16$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	-21		-63	189	45
3	-19		-179	129	115
5	-15		-265	23	131
7	-9		-301	-101	77
9	-1		-267	-201	-33
11	9		-143	-221	-143
13	21		91	-91	-143
15	35		455	273	143
A_{ii}	1360	5712	1007760	470288	201552
λ_i	2	1	$\frac{10}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{1}{10}$

$n = 17$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-24		0	36	0
1	-23		-7	31	55
2	-20		-13	17	88
3	-15		-17	-3	83
4	-8		-18	-24	36
5	1		-15	-39	-39
6	12		-7	-39	-104
7	25		7	-13	-91
8	40		28	52	104
A_{ii}	408	7752	3876	16796	100776
λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{20}$

$n = 18$

z_i	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	1	-40		44	220
3	3	-37		33	583
5	5	-31		13	733
7	7	-22		-12	588
9	9	-10		-36	156
11	11	5		-51	-429
13	13	23		-47	-871
15	15	44		20	-676
17	17	68		68	884
A_{ii}	1938	23256	23256	28424	6953544
λ_i	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{3}{10}$

$n = 19$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-30		0	396	0
1	-29		-44	352	44
2	-26		-83	227	74
3	-21		-112	42	79
4	-14		-126	-168	54
5	-5		-120	-354	3
6	6		-89	-453	-58
7	19		-28	-388	-98
8	34		68	-68	-68
9	51		204	612	102
A_{ii}	570	13566	213180	2288132	89148
λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{1}{40}$

ANEXO N° 4
“INFORME DE ESTUDIO DE
MECANICA DE SUELOS”



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

TESIS:

**“EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE
PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR,
NUEVO CHIMBOTE- ANCASH”**

TESISTA:

DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN:

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE

PROVINCIA : SANTA

REGIÓN : ANCASH

CHIMBOTE, MAYO DEL 2023

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640

E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Contenido

I. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	3
1.1.- Generalidades	3
1.2.- Metodología y plan de trabajo.....	4
1.3.- Plan de trabajo	5
II.- Ubicación del área de estudio.....	7
2.1.- Clima Y Temperatura:.....	9
iii.- Geología Del Area En Estudio.....	9
3.1. Geomorfología general.....	9
3.2. LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA.....	10
3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	15
3.4. PROCESOS GEODINAMICOS.....	15
IV. GEODINÁMICA INTERNA:	18
V.- TRABAJO DE CAMPO.....	20
VI.- ENSAYOS DE LABORATORIO.-.....	20
VII.- ENSAYOS ESTARDAR	21
VIII.- CLASIFICACION DE SUELO.....	21
IX- CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION.-.....	22
X.- AGRESIVIDAD DEL SUELO.	22
XI.- DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.....	23
XII.- DE LOS TERRENOS COLINDANTES	24
XIII- DATOS GENERALES DE LA ZONA.....	24
XIV- EFECTO DE SISMO	25
XV.- DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.....	29
XVI.- ESTUDIO DEL TRÁFICO	31
XVII.- DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO 1993	31
XVIII.- Estructura Del Pavimento.....	43
XIX. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
Anexo.....	51

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 295372 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



INFORME TECNICO

I. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

1.1. - GENERALIDADES

El objetivo principal del presente estudio consiste en realizar el estudio de geotecnia y mecánica de suelos, en el marco del desarrollo del Estudio Definitivo del Proyecto "EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH".

El estudio de suelos está orientado a determinar las características físico-mecánicas y químicas del suelo en las áreas donde se emplazará la obra de pavimentación, con el propósito de estimar su comportamiento para resistir los esfuerzos que serán transmitidos por las sollicitaciones de cargas vehiculares y con la finalidad de diseñar la estructura de la carretera.

Para alcanzar el objetivo principal, se requiere alcanzar los siguientes objetivos secundarios:

- Elaboración de un estudio geológico que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- Ejecución de prospecciones geotécnicas de campo.
- Realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos químicos en suelos.
- Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.
- Elaboración de los perfiles stratigráficos y establecimiento de las consideraciones geotécnicas.
- Elaboración de las recomendaciones técnicas y diseño estructural.

Los objetivos secundarios fueron alcanzados mediante la implementación de una metodología de estudio adecuada y la ejecución de un plan de trabajo, que guardaron correspondencia con los términos de referencia establecidos para el presente estudio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195323 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



1.2.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

METODOLOGÍA

El conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete contemplados en la ejecución de las investigaciones geotécnicas, ha sido implementado en tres fases:

a) Fase preliminar

Esta fase de trabajo estuvo programada para desarrollarse en un lapso de cinco días, durante el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información básica existente.
- Planeamiento de las distintas actividades de campo y laboratorio de mecánica de suelos, incluyendo el desplazamiento e instalación del personal técnico, equipos de laboratorio y el apoyo logístico correspondiente.

b) Fase de campo y ensayos de laboratorio

- Exploración de campo para el estudio geológico del área de estudio con fines geotécnicos.
- Programación de las actividades a ejecutarse por las brigadas de calicateros en las áreas de estudio.

Clasificación visual manual de las muestras, Se tomaron muestras alteradas y disturbadas para su análisis en el laboratorio anotando en una libreta sus propiedades físicas observables para complementar los resultados que se obtengan en el laboratorio para los correspondientes ensayos de mecánica de suelos y químicos.

Los resultados tanto de laboratorio como de campo son plasmados en un perfil estratigráfico que representa la variabilidad de los suelos que conforman el terreno de fundación.

De los materiales encontrados en los diversos estratos (capas), se tomaron muestras selectivas en forma representativa, los cuales se colocaron en bolsas de polietileno (doble), las que fueron descritas e identificadas siguiendo la norma ASTM D-2488 "Practica Recomendable para la Descripción de Suelos", para posteriormente ser trasladados al laboratorio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Samros
CIP: 195375 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640

E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



c) FASE DE GABINETE

Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos químicos.

- Elaboración de los perfiles geotécnicos representativos del suelo donde se emplazará la obra en mención. Asimismo, la presentación de las profundidades de las napas freáticas encontradas (en caso de presentarse), agresividad química de los suelos y otros parámetros físicos de suelo con fines de pavimentación.
- Recomendaciones técnicas de la pavimentación, diseño estructural del pavimento, consideraciones constructivas y sismo resistentes de las obras.
- Conclusiones y recomendaciones del estudio geotécnico.

1.3.- PLAN DE TRABAJO

a) Planteamiento del estudio

El planeamiento del estudio geotécnico, ha sido realizado como una parte del sistema interno de control de calidad. Esto incluyó:

- La definición del área del estudio.
- Identificación de las tareas de campo, laboratorio y gabinete a ser emprendidas, y los alcances de las mismas.
- Elaboración de metodologías para cada una de las actividades de campo, laboratorio y trabajos de gabinete.
- Establecimiento de la secuencia de actividades y la interdependencia de las mismas.
- Procedimientos de interpretación y discusión de los resultados de campo y laboratorio.
- Estimación de los recursos requeridos para el cumplimiento de cada una de las tareas, y determinación de las tareas críticas en cuanto al tiempo y recursos que demanden.

Para el estudio geotécnico, las actividades han sido agrupadas en dos frentes de trabajo:

- _ Frente de excavaciones de calicatas (1.50 m de profundidad promedio)

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos.
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



El número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la Tabla 2, con un mínimo de tres (03):

TABLA 2

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: NORMA TÉCNICA CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS

Frente de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, peso específico). También se incluyen los ensayos de laboratorio de química de suelos (contenido de sales solubles totales y pH). El planteamiento del estudio ha sido basado en los mejores datos disponibles en la literatura técnica, normas y manuales técnicos, y la experiencia de los integrantes del equipo técnico.

b) Programa de actividades y recursos logísticos

En principio, el programa de actividades ha conservado la estructura inicialmente planteada en la propuesta técnico-económica para este estudio, no obstante, hubo ampliación del tiempo de ejecución del estudio por mutuo acuerdo entre las partes.

La empresa, ha cumplido con los recursos humanos y logísticos ofrecidos en su propuesta técnica-económica, es decir, se ha mantenido el staff de ingenieros y personal técnico, así como los recursos logísticos ofrecidos y obrero en su totalidad.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 125373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



II.- UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área en estudio se ubica en el distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, Región Ancash. Específicamente el proyecto comprende "EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH".

Ubicación del Proyecto



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Samos
CIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

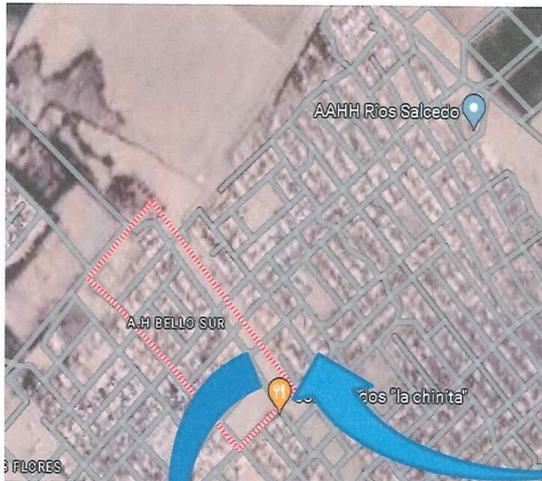


GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Ubicación del proyecto



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



2.1.- CLIMA Y TEMPERATURA:

El clima aquí es "desierto". No hay virtualmente ninguna lluvia durante el año en Chimbote. El clima aquí se clasifica como BWh por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Chimbote se encuentra a 19.0 °C. La precipitación es de 14 mm al año.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	20.9	22.1	22.5	20.6	19	17.7	17	16.6	16.6	17.3	18	19.6
Temperatura mín. (°C)	16.4	17.6	18	16.5	15	13.8	13.1	12.9	12.9	13.3	13.7	15.1
Temperatura máx. (°C)	26.6	26.8	27	24.8	23.1	21.7	21	20.3	20.4	21.3	22.4	24.1
Precipitación (mm)	1	3	5	1	0	0	0	0	3	0	0	1

Hay una diferencia de 5 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. La variación en la temperatura anual está alrededor de 5.9 ° C.

III.- GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

Geológicamente el área se caracteriza por presentar una conformación muy variada, con ocurrencia de formaciones litoestratigráficas de diferente edad, naturaleza y competencia, las cuales han sido disturbadas y alteradas en diferente grado por los diversos eventos tectónicos y morfológicos.

Se procederá a describir las principales características geológicas del área del Proyecto, incidiendo en aquellas que tendrán mayor influencia en las obras; para lo cual se ha evaluado la información geológica regional existente, complementándola con las verificaciones de campo.

3.1. Geomorfología general

Las unidades geomorfológicas mayores son: Valles de la vertiente pacífica y las estribaciones de la Cordillera Occidental, dentro de las cuales se pueden identificar las siguientes unidades menores: Valles - Quebradas y los Contrafuertes de la Cordillera.

- **Valles y quebradas.-** Los valles principales, siguen la tendencia general de Este a Oeste y se van ampliando en la faja costanera; se caracterizan por ser valles con actividad fluvial durante todo el año; sus afluentes son quebradas de actividad esporádica durante el año.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 125373 - CONSULTOR C-127796

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia de Chimbote, Departamento de Ancash.

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wize822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



En el área de estudio, los valles presentan sectores con terrazas aluviales en diferentes niveles; casi la totalidad de los valles es aprovechable para la agricultura.

- **Contrafuerte de la Cordillera.-** Es una faja continua que está constituida por rocas ígneas ó sedimentarias; se localiza en el sector oriental del área de estudio y se caracteriza por presentar una topografía agreste con alturas que llegan hasta los 4,450 m.s.n.m. Unidad que se muestra disectada por valles y quebradas, en donde los relieves muestran laderas con inclinaciones de 25° a 30°.

El relieve general de la cuenca es similar al que caracteriza a casi todos los ríos de la costa, con una hoyada hidrográfica alargada, de fondo profundo y quebrado y pendiente pronunciada. En el tramo superior de las cuencas, se observa un relieve escarpado y en parte abrupto, cortado por quebradas profundas. La cuenca se encuentra limitada por cadenas de cerros que muestran un relieve abrupto

El relieve en la zona del presente estudio está caracterizado por presentar morfologías diferenciadas en la que se han determinado las siguientes sub unidades: Laderas de montañas, cauces fluviales, planicies y conos de los depósitos coluviales.

Los relieves del terreno están íntimamente relacionados con las formaciones geológicas:

- **Relieve Abrupto.-** Gradientes superiores a 35.0 grados; relieve que predomina en los afloramientos de rocas ígneas y en las escarpas de las terrazas aluvionales.
- **Relieve Moderado.-** Gradientes inferiores a 35.0 grados se observan en los afloramientos rocosos, depósitos aluviales y en los depósitos coluviales.
- **Relieve Suave a Llano.-** Se desarrolla en las zonas con presencia de los depósitos fluviales y aluviales; predomina una morfología subhorizontal alternándose con superficies suavemente onduladas

3.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

A nivel regional y basado en la información geológica existente y proceso de verificación de campo, en el área de estudio se han reconocido unidades litoestratigráficas que van del Cretácico Inferior hasta el Cuaternario reciente, con predominancia de rocas intrusivas y los depósitos cuaternarios.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127196
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B LI. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



La secuencia y Relaciones estratigráficas generalizadas, identificadas en la zona de estudio son las siguientes:

- | | | |
|----------------------|---|---|
| Formación Santa | - | Secuencia sedimentaria que forma parte del Grupo Goyllarisquisga; está conformada por calizas oscuras con intercalaciones de lutitas grises. |
| Formación Carhuaz | - | Secuencia sedimentaria que forma parte del Grupo Goyllarisquisga; está constituida por lutitas (limoarcillitas) intercaladas con algunas areniscas grises a verdes. |
| Formación Junco | - | Secuencia esencialmente volcánica que forma parte del Grupo Casmás; constituida por lavas almohadillas, flujos y brechas, de naturaleza andesítica. |
| Rocas Intrusitas | - | Complejo de rocas intrusivas que gradan en su composición de: Diorita - Tonalita y Tonalita - Granodiorita. |
| Grupo Calipuy | - | Secuencia volcánica de lavas, tobas y aglomerados; su litología varía de andesita a dacita. No presenta niveles sedimentarios. |
| Depósitos Coluviales | - | Mezcla de gravas, arenas, limos y bloques heterométricos, mayormente angulosos. |
| Depósitos Aluviales | - | Compuestos por gravas, arenas, limos y cantos rodados. |
| Depósitos Fluviales | - | Asociados a los cauces actuales; corresponden a suelos granulares, compuestos por gravas, arenas y cantos rodados. |

3.2.1 FORMACION SANTA

Unidad descrita por Benavides V. (1956) como una secuencia de calizas oscuras con intercalaciones de lutitas grises que sobreyacen a las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú (Valle del Río Santa).

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Samos
CIP: 315373 CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Sus principales afloramientos, se encuentran el Río Casma, al Oeste de Guadalupe; en el río Loco, al Oeste de Huisco y en la localidad de Breña, con una orientación NE-SO a N-S; otros afloramientos de importancia se ubican en la quebrada de Bambarí, entre los cerros Cuculí y Tambarí. Las ocurrencias más accesibles se encuentran al Sur de Pampa Colorada hasta el río Casma (Cerro Colorado y Buenos Aires) siguiendo un rumbo NO-SE.

Mayormente, la Formación Santa presenta una morfología abrupta de aspecto macizo a distancia, más resistente a la erosión y con una coloración más clara que las rocas circundantes; en las superficies meteorizadas, generalmente tiene color marrón a rojizo, sin embargo en corte frescos es gris a gris claro.

La Formación Santa es la secuencia más antigua y generalmente ocupa el núcleo de pliegues anticlinales.

De acuerdo con su posición dentro de la secuencia litoestratigráfica, se asume una edad ubicada en el cretáceo inferior, y que posiblemente corresponde a la época valanginiana.

3.2.2 FORMACION CARHUAZ

Benavides V (1956) denominó Carhuaz a una secuencia de lutitas de estratificación delgada que se encuentran intercaladas con algunas areniscas grises a verdes, en la localidad de Carhuaz (Río Santa).

La Formación Carhuaz aflora conjuntamente con la Formación Santa en el sector del cuadrángulo de Casma y en la esquina nor oriental del cuadrángulo de Culebras (Cosma y río Loco); las estructuras que caracterizan a esta unidad siguen una dirección NO-SE.

La característica más notoria en la mayoría de afloramientos es su relieve moderado a suave que generalmente toma una coloración marrón oscura a gris marrón, formando Cumbres normalmente redondeadas, con una cobertura de material suelto constituida por fragmentos astillosos ó laminados.

Los fósiles que se han reconocido en la Formación Carhuaz son lamelibranchios, gasterópodos y fragmentos de plantas en el nivel inferior, sin embargo, no se han identificado fósiles que permitan establecer la edad de la sedimentación.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



De acuerdo con su posición en la secuencia estratigráfica, se asume que la formación Carhuaz se acumuló durante el Hauteriviano al Aptiano, es así equivalente con el Grupo Huayllapampa definido por J Myers (1974).

3.2.3 FORMACION JUNCO

A lo largo del flanco izquierdo del Valle de Culebras entre los cerros Junco Chico y Tenten se encuentra una secuencia de lavas almohadillas, flujos y brechas que yacen directamente y al parecer con leve discordancia angular sobre los cherts y sedimentitas de las formaciones Santa y Carhuaz en el tramo superior del río Culebras (Huaraz).

Esta secuencia buza moderadamente al suroeste y se extiende a lo largo de 12 km en el flanco derecho del río; ha sido penetrada por diversos plutones del batolito sufriendo diversos grados de metamorfismo.

Otros afloramientos de la formación Junco se encuentran en los cerros Porvenir, Virahuanca al noreste del Cruce de Tortugas, hasta el cerro Chorreadero y en el cerro Colorado al noreste de Samanco.

La Formación Junco tiene un color gris oscuro a verdoso, aspecto macizo que genera geoformas de relieve moderado a abrupto; su estratificación y estructura no es muy evidente aunque si es más nítida en los casos de las secuencias esquistosas y cuando se encuentra como almohadillas. En la secuencia de la Formación Junco se distinguen claramente lavas almohadillas intercaladas con algunos aglomerados, flujos lávicos, lavas brechadas y en algunos casos horizontes tobáceos.

La Formación Junco que forma parte del Grupo Casma; sobreyace al Grupo Goyllarisquizga e infrayace a la Formación Zorra, por lo que se le asigna una edad a inicios del Albiano.

3.2.4 ROCAS INTRUSIVAS

Corresponden al Batolito de la Costa y se presentan en forma alargadas de Norte a Sur, paralela a los Andes; su composición es variable y los intrusivos más importantes corresponden a:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- Unidad Paccho: Gradación de Diorita a Tonalita, los mayores afloramientos se observan próximos a la quebrada Tomeque y muestran un mayor grado de meteorización. Unidad a la que se les considera como pertenecientes a Cretáceo Inferior.
- Unidad Poctao: Gradación de Tonalita a Granodiorita, que predominan en la zona y los afloramientos mayormente corresponden a granodioritas. Por sus relaciones estratigráficas, se le asigna una Edad comprendida al Cretáceo Superior.

3.2.5 GRUPO CALIPUY

El Grupo Calipuy, se encuentra en los cerros Tomeque y Lomo de Camello al Este de Pampa Colorado; en el cerro Pan de Azúcar y en el extremo oriental de los cerros Champarca Punta, Marquito, Cosma y en el Cerro Mal Paso; constituyendo las partes más elevadas y abruptas.

El Grupo Calipuy consiste de aproximadamente 1,000 m de lavas, tobas y aglomerados que tienen una variación vertical muy rápida, sin presencia de niveles sedimentarios.

El Grupo Calipuy corresponde aun volcanismo que tuvo lugar durante el Eoceno al Mioceno Inferior.

3.2.6 DEPOSITOS CUATERNARIOS

Se han reconocido depósitos del tipo aluvial, fluvial, coluviales y coluvio residual; en el área del proyecto alcanzan mayor representatividad los del tipo aluvial y coluvial.

- **Depósitos Aluviales y fluviales.-** Se trata de depósitos granulares heterogéneos, compuestos por gravas, arenas y limos, con presencia de bloques y cantos rodados de grandes dimensiones (Diámetros superiores a 1.50m.).
Dentro de este grupo se incluyen a los depósitos netamente fluviales conformados por materiales heterogéneos, incluyendo los bloques y cantos rodados; suelos de naturaleza y composición variable; los fluviales se ubican en los lechos de los ríos y quebradas afluentes.
- **Depósitos Coluviales y Coluvio residuales.-** Constituyen las acumulaciones de escombros que se localizan en la base de las laderas de los cerros; en algunos se ha complementado el traslado y deposito por la acción del agua.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
PIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wize822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Los depósitos coluviales, mayormente están constituidos por suelos heterogéneos, mezcla de fragmentos rocosos de volcánicos englobados con una matriz arena limosa y/o arcillosa; erráticamente se muestran la presencia de bloques de grandes dimensiones.

En los mixtos coluvio residuales predominan los elementos finos: Arcillas arenosas y arenas arcillosas con inclusiones de gravas angulosas.

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

A nivel regional el área de estudio, la secuencia volcano sedimentaria, fue plegada y levantada, entre la sedimentación del Grupo Casma y la erupción del Grupo Calipuy, estructuras que están relacionadas a la evolución del Batolito.

La estructura de la secuencia volcano sedimentaria, presenta tres fajas de deformación; la primera es paralela a la línea de costa y se ubica al oeste del Batolito; la segunda es una faja lineal entre el Grupo Goyllarisquisga y el Grupo Casma, muestra una deformación más intensa; la tercera se ubica en el sector oriental del Batolito y presenta pliegues isoclinales (Formación Santa y Carhuaz).

En el área se observan dos sistemas de fallamiento, el principal con la dirección NO - SE y el otro menos notorio con orientación NE - SO.

Las rocas intrusivas, se encuentran afectadas por sistemas de fracturas y/o diaclasas y se encuentran atravesadas por diques con orientación NO - SE; otra característica es la presencia de xenolitos mayormente máficos (Tamaños superiores a 10cm). La interacción de los sistemas de fracturas, permiten la disyunción ortogonal.

3.4 PROCESOS GEODINAMICOS

La ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa observados en el área, están relacionados a la topografía geología (Litología, grado de meteorización, rasgos estructurales, etc.) y principalmente al factor climático.

Generalmente los procesos geodinámicos, están asociados a terrenos de fuerte pendiente, acumulaciones de materiales sueltos, fuertes precipitaciones, presencia de filtraciones.

La ocurrencia de los fenómenos de Geodinámica externa observados en el área, consisten en:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
C.R. 145373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Dpto. Tarma
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- **Dinámica fluvial.**- Se caracteriza por cambios de gran rango en el caudal de los ríos, entre las épocas de avenidas y estiaje. En las avenidas la capacidad de carga y transporte se incrementa, han existido eventos aluviónicos, como lo demuestra la presencia de bloques y cantos rodados a lo largo de los cauces. La dinámica fluvial ocasiona los procesos de erosión y acumulación de los depósitos; en algunos casos se manifiestan por la ocurrencia de huaycos (Descargas fluvio torrenciales de lodo y bloques).
- **Desprendimientos de Bloques y Derrumbes.**- Por acción de la gravedad se originan los desprendimientos de bloques y fragmentos rocosos, que tienen estabilidad precaria. Procesos facilitados por la acción del intemperismo físico químico, agua y erosión fluvial.

En la parte superior de la cuenca la zona en las condiciones actuales, se considera moderadamente estable. De originarse fuertes precipitaciones pueden ocurrir perturbaciones geodinámicas por la reactivación de la erosión (Lineal y lateral) de los cauces, originado por consiguiente la movilización de los materiales de las laderas (Depósitos aluviales y/o materiales rocosos).

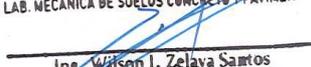
3.5 GEOLOGÍA LOCAL:

La ciudad de Chimbote y sus alrededores está enmarcada dentro de las siguientes geomorfologías:

- Unidad de playas.
- Unidad de pantano.
- Unidad de depósitos aluviales de Lacramarca.
- Unidad de colinas.
- Unidad de dunas.

c) Unidad de playas

Se ubica a lo largo de la costa de la bahía de Chimbote y Nuevo Chimbote, con un ancho promedio de 10 a 30 m. Está constituido de arenas gruesas, arenas finas y conchas marinas, con intercalaciones de arcillas en los laterales.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 15313 - CONSULTOR C-127196
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



d) Unidad de pantanos

Limitada por la unidad de playas y ubicada dentro del gran abanico aluvial de Nuevo Chimbote, presentándose con nivel freático casi superficial y en las áreas distantes del cono aluvial a consecuencia de la crecida del río Lacramarca, cuyas aguas se infiltran y fluyen subterráneamente hacia el mar.

En épocas de ocurrencia del Fenómeno "El Niño", el área de pantanos aumenta de extensión superficial, provocando inestabilidades.

e) Unidad de depósitos aluviales del río Lacramarca

Se encuentra a lo largo del cono aluvial, ensanchándose cerca a la desembocadura del río Lacramarca en el Océano Pacífico. Los depósitos aluviales se extienden desde Chimbote hasta Nuevo Chimbote.

Dentro de esta unidad se encuentra el cauce fluvial del río Lacramarca, que en épocas de crecidas produce la erosión local y general del cauce e inundación de las planicies inundables, comprometiendo la seguridad de las obras de ingeniería emplazadas en el cauce y faja marginal del río.

Dicha unidad está constituida de arenas, limos y gravas en profundidades de 5 m a 10 m. El nivel freático varía desde 0,00 m (pantano) hasta 1.50 m de profundidad (áreas limítrofes del abanico).

f) Unidad de colinas

Es parte de la vertiente andina, constituida de rocas graníticas cubiertas superficialmente con arenas eólicas, formando colinas suaves y onduladas cuyas pendientes varían de 3° a 10°, como se observa en el reservorio R-III y alrededores. En esta unidad se aprecian depósitos coluviales y proluviales, de granulometría heterométrica.

g) Unidad de dunas

Son depósitos eólicos ubicados en la margen derecha del río Lacramarca tienen un espesor de 10 m a 20 m aproximadamente.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



IV. GEODINÁMICA INTERNA:

Sismicidad:

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis, de los cuales hacemos algunas referencias de eventos sísmicos hasta antes del 23 de Junio del 2001.

La Sismicidad histórica de Ancash comprende la actividad ocurrida en los siglos pasados en los cuales no se poseen datos instrumentales.

Los sismos históricos ocurridos y los que han afectado al departamento de Ancash son 21. Siendo el del:

31 de Mayo de 1970.- El terremoto y aluvión de Áncash, conocido localmente como el terremoto del 70, fue un sismo de magnitud 7.9 MW en la escala Magnitud Momento sentido en toda la costa y sierra del departamento de Áncash, seguido de un alud que sepultó la ciudad de Yungay.

Fue el sismo más destructivo de la historia del Perú, no solo por la magnitud sino también por la cantidad de pérdidas humanas que afectó la región ancashina y varias provincias de los departamentos de Huánuco, el norte de Lima y La Libertad, dañando una extensa área de aproximadamente 450 km de longitud y 200 km de ancho de la costa y sierra peruana.

El terremoto se inició el 31 de mayo de 1970 a las 3:23:32 p.m. Su epicentro fue localizado a 44 kilómetros al suroeste de la ciudad de Chimbote, en el Océano Pacífico, a una profundidad de 64 kilómetros. Su magnitud fue de 7,9 en la escala sismológica de magnitud de momento, según el Instituto Geofísico del Perú, y alcanzó una intensidad máxima de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada entre Chimbote, Casma y el Callejón de Huaylas. Produjo además un violento alud en las ciudades de Yungay y Ranrahirca.

Las intensidades evaluadas en varias ciudades fueron:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Lugar	Intensidad en Mercalli Modificada (MM)
Samanco, Casma, Chimbote, Huaraz, Caraz, Carhuaz, Yungay	VIII
Huallanca, Aija	VII
Trujillo, Huarmey	VII
Chacas, San Luis, Huarí	VII
Santiago de Chuco	VII
Cajamarca, Huacho, Huánuco, Bambamarca, Chiclayo	V-VI
Huacho, Cerro de Pasco, Tingo María	V
Lima	V-VI
Ica, Chíncha Alta, Juanjuí	IV
Yurimaguas, Huancayo, Iquitos, Tarapoto	III

Como se mencionó anteriormente, los pueblos que quedaron sepultados fueron el de Yungay por el alud, acabando con más de un 70% de su población, esto también generó la obstaculización de caminos y la desaparición del ferrocarril que unía a Chimbote con Huaranca. Este alud se generó después de los 45 segundos que duró el sismo, causando un huaico de nieve del pico oriental del nevado Huascarán, enterrando por completo a Yungay en la que solo se salvaron unas 300 personas que se refugiaron en el cementerio y dos niños que fueron conocidos después por su peculiar historia relacionada a un circo. **Referencia:** (Terremoto en Ancash 1970. documental).

4.1.- Tectonismo.

Esta región es considerada como un área de concentración sísmica caracterizada por movimientos con hipocentros entre 40 y 70 Km. de profundidad frente al litoral de Chimbote y en la falla de Cerro península en Samanco, con relación a los focos sísmicos indicados se estima que en 70 años se puede alcanzar una magnitud de 6.9 mb y una aceleración de 0.28g para condiciones medidas de cimentación en material blando.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195372 CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



V.- TRABAJO DE CAMPO

Trabajos de Campo

Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de la sub rasante existente a lo largo del trazo, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio. En total se excavaron 05 calicatas "a cielo abierto", los que se denominan C-1 al C-5.

La ubicación (progresiva, lado), número de muestras, profundidad y descripción de las calicatas ejecutadas se presentan en el siguiente Anexo denominado "Relación Detallada de Calicatas Ejecutadas"

La profundidad alcanzada en las perforaciones mencionadas es de 1.50 m., en promedio por debajo de la sub rasante (tomando como rasante el techo de buzones existentes) y ubicadas en forma alternada (derecha e izquierda) de la vía en estudio.

El plano mostrando la ubicación de las calicatas efectuadas, se presenta en el Anexo "Plano de Ubicación de Calicata".

- _ La relación resumida de las prospecciones realizadas así como los registros de excavaciones se incluyen en el Anexo "Registro de Sondaje"

5.1.- Muestreo: se tomaron muestras alteradas o disturbadas de cada estrato, las cuales fueron guardadas y selladas y enviadas al laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

(Firma)
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

VI.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras alteradas obtenidas de las calicatas realizadas, se han ejecutado los siguientes ensayos estándar: 8 ensayos de análisis granulométrico por tamizado, ensayos de límite líquido y ensayos de límite plástico, 02 ensayos de CBR, 02 ensayos de sales solubles totales y 02 ensayos de Ph, 02 ensayos de Ion Cloruro, 02 ensayos de Ion Sulfato. Las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de la empresa GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L., han sido clasificadas utilizando el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Los ensayos anteriormente mencionados se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos instalado en la ciudad de Nuevo Chimbote. Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las Normas Peruanas CE. 010 Pavimentos Urbanos, American Society for Testing



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



and Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) .

Los resultados de los ensayos de mecánica de suelos estándar se presentan en el Anexo.

6.1.- ENSAYOS QUÍMICOS DE SUELOS

Para estimar la agresividad de los suelos sobre estructuras del pavimento, se han ejecutado los siguientes ensayos químicos sobre muestras de suelo obtenidas: 02 ensayos de contenido de sales solubles totales 02 ensayos para la determinación del pH (AASHTO-T289), 02 ensayos de Ion Cloruro y 02 ensayos de Ion sulfato.

Los resultados de los ensayos químicos se presentan en el Anexo.

VII.- ENSAYOS ESTARDAR

con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

1. Análisis Granulométrico. ASTM D 422
2. Contenidos de Humedad. ASTM D 2216
3. Límites de Consistencia. ASTM D 4318
4. Clasificación de los suelos SUCS, ASTM D 2487
5. Peso Volumétrico. ASTM D 4254
6. Descripción visual de los suelos ASTM D 2488

7.1.- **ENSAYOS ESPECIALES:** se realizó el siguiente ensayo

California Bearing Ratio - C.B.R. (NTP 339.127)

VIII.- CLASIFICACION DE SUELO

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo a American Association of State Highway Official (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCCS).

Perfiles estratigráficos

Los perfiles estratigráficos del subsuelo para el proyecto, ha sido elaborado en base a lo siguiente:

- Un conjunto de calicatas distribuidas convenientemente en el emplazamiento de la obra.

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Depto. Tarma
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilze A. Zúñiga Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- Registro de excavaciones del conjunto de calicatas distribuidas en el emplazamiento de la obra.

Una apropiada inferencia de los diferentes estratos constitutivos del subsuelo del lugar del emplazamiento de la obra.

IX- CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION.-

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizado, se concluye que el suelo natural más desfavorable encontrado en el área de estudio, es del tipo A-3 (2), está conformado por un material que presenta las siguientes características:

- Permeabilidad - Media
- Expansión - Baja
- Valor como terreno de fundación - Regular
- Característica de Drenaje - Bueno

X.- AGRESIVIDAD DEL SUELO.

Se ha verificado del ensayo de sales solubles, que el tipo de suelo encontrado presenta mayores porcentajes a los admisibles de sales solubles en suelos, se concluye que estas representarían un problema y afectarían las estructuras debido a la presencia de sales en el suelo.

ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACION
SULFATOS	0 – 1,000	Leve	Ocasiona un ataque químico al Concreto de la cimentación.
	1,000 – 2,000	Moderado	
	2,000 – 20,000	Severo	
	> 20,000	Muy severo	
CLORUROS	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras y elementos metálicos.
SALES SOLUBLES TOTALES	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por lixiviación.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Tarma
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: witez822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

WILIZY SANCHEZ
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TABLA N° 2
TIPO DE CEMENTO REQUERIDO PARA EL CONCRETO EXPUESTO
AL ATAQUE DE LOS SULFATOS

GRADO DE ATAQUE DE LOS SULFATOS	PORCENTAJE DE SULFATOS SOLUBLES (SO ₄) EN LA MUESTRA DE SUELO (%)	PARTES POR MILLON DE SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO	RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA (concreto normal)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	I	
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II	0.50
Agresivo	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45
Muy Agresivo	> de 2.00	> 10,000	V + puzolana	0.45

P.C.A. Asociación Cemento Portland

XI.- DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.

De acuerdo a Seed, Woodward y Lundgren, establecieron la siguiente tabla de potencial de expansión determinada en laboratorio.

INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSION
0 -15	BAJO
15 -35	MEDIO
35 - 55	ALTO
>55	MUY ALTO

Se ha estimado el potencial de expansión para cada uno de los puntos de investigación del área en estudio, según los ensayos realizados se desprende que hay presencia de suelos expansivos.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 175323 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



XII.- DE LOS TERRENOS COLINDANTES

- _ En el área del proyecto no se ha podido verificar otros estudios similares al Presente.
- **De las cimentaciones adyacentes**
 - _ Se ha verificado que la mayoría de las edificaciones adyacentes son de material noble de 01 a 3 pisos. Por la ubicación de las obras previstas en el proyecto, las edificaciones adyacentes no afectara a la construcción a realizarse.

XIII- DATOS GENERALES DE LA ZONA.

- a) **Geodinámica Externa.**– Respecto a este fenómeno lo que se puede anotar es que la zona en estudio se encuentra dentro de la región Media de Sismicidad en el Perú en la Zona 4 cuyo factor es $Z = 0.45$, el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Como un antecedente relativamente cercano tenemos el terremoto del 31 de Mayo de 1970, el cual fue uno de los más catastróficos de la Historia, su epicentro fue localizado a 9.4° Latitud Sur y 79.3° Longitud Oeste, el cual produjo una aceleración de 0.24g. La magnitud calculada fue de 7.5° en la escala de Richter, la cual fue menor al Sismo del 26 de febrero de 1619 que alcanzó 7.8° en la escala de Richter.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" Del Reglamento Nacional De Edificaciones 2018.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
PIP. 145373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



XIV- EFECTO DE SISMO

La zona de estudio corresponde al distrito de Nuevo Chimbote, en el departamento de Ancash, la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) como se puede observar en la figura 1.

En la figura 2 se muestra el mapa de distribución de máximas intensidades en el Perú.

Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismorresistente según la siguiente relación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

- Para la zona donde se cimentará, el suelo de cimentación es arena mal graduada el cual tendrá los siguientes parámetros sísmicos: S es el factor Suelo con un valor para suelos intermedios de $S=1.05$, para un periodo predominante de $T_p=0.60$ s, y Z es el factor de la zona 4 resultando $Z=0.45g$.

Para el análisis seudo estático se ha empleado una aceleración máxima de $0.42g$, y según la literatura técnica internacional para la selección del coeficiente del análisis seudo estático se ha considerado la mitad de la aceleración máxima de la zona y cuyo valor es 0.21 .

En la figura 3 se muestra los valores de isoaceleraciones para un periodo de retorno de 500 años y para una vida útil de 50 años, con una excedencia de 10%.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
D.P. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



FIGURA N° 1: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
C.R. 198373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

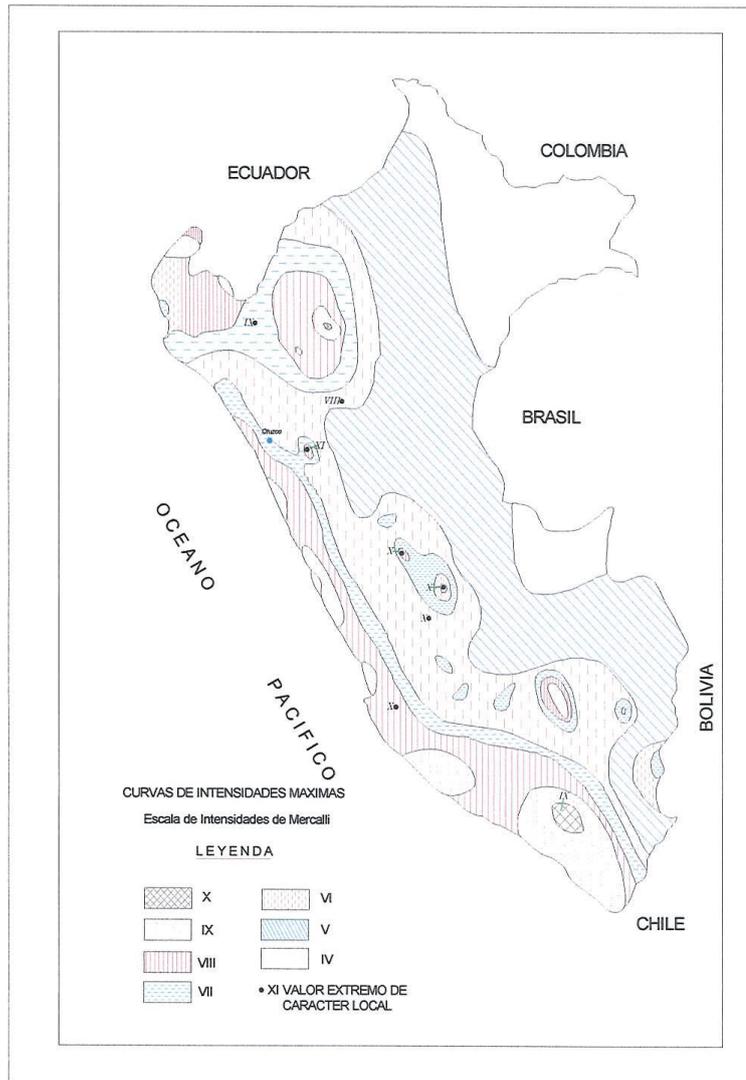


FIGURA N° 2: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alva et., al, 1984).

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS-CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195573 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

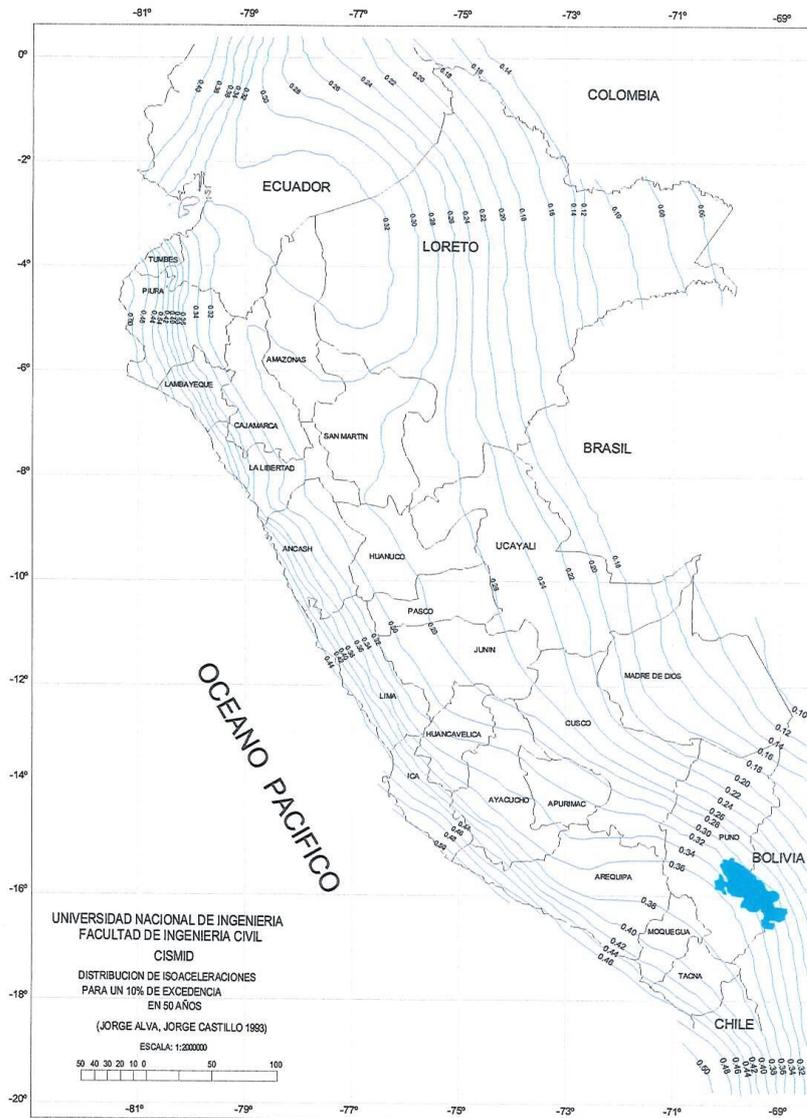


Figura 3. Mapa de Isoaceleraciones para 475 años de Periodo de Retorno.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195273 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



XV.- DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.

En base a los ensayos de campo se deduce la siguiente conformación:

La calicata N° 01, No presenta nivel freático a la profundidad de estudio de 1.50 m, conformado por una capa de 0.50 m de espesor de Material de relleno no controlado (Mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de 0.30 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y húmedo, seguido de un segundo estrato (M-2) de 0.70 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y húmedo.

La calicata N° 02, No presenta nivel freático a la profundidad de estudio de 1.50 m, conformado por una capa de 0.35 m de espesor de Material de relleno no controlado (Mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de 1.15 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y húmedo.

La calicata N° 03, No presenta nivel freático a la profundidad de estudio de 1.50 m, conformado por una capa de 0.40 m de espesor de Material de relleno no controlado (Mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de 0.40 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y húmedo, seguido de un segundo estrato (M-2) de 0.70 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y húmedo.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



La calicata N° 04, No presenta nivel freático a la profundidad de estudio de 1.50 m, conformado por una capa de 0.30 m de espesor de Material de relleno no controlado (Mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de 0.30 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos Condición in situ : semi compacto y humedo, seguido de un segundo estrato (M-2) de 0.90 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y humedo.

La calicata N° 05, No presenta nivel freático a la profundidad de estudio de 1.50 m, conformado por una capa de 0.30 m de espesor de Material de relleno no controlado (Mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de 1.20 m de espesor de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige claro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ : semi compacto y ligeramente humedo.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 175373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



XVI.- ESTUDIO DEL TRÁFICO

El estudio de tráfico con fines de diseño del pavimento está orientado a proporcionar información básica para determinar los indicadores de tráfico y repeticiones de ejes equivalentes.

Se ha obtenido información necesaria sobre el tipo de tránsito que circula por esta vía, con la finalidad de cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que transitan por el tramo de la Vía; información que es indispensable para determinar las características de diseño del pavimento para el presente proyecto.

El análisis de Tráfico, determino el tránsito actual; sus características y proyecciones para el período de vida útil, en número acumulado de repeticiones de carga de eje equivalente de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento. Considerado exclusivamente la acción de autos y camionetas, Buses de 2 ejes, C2E.

El período de diseño establecido es de 20 años, considerándose los trabajos rehabilitación y mejoramiento para ese período, y una tasa de crecimiento del 3.0% anual. En base a esta información proyectamos entonces el número de ejes equivalentes:

El período de diseño establecido es de 20 años

$$W_{18} = 3.94E+05$$

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

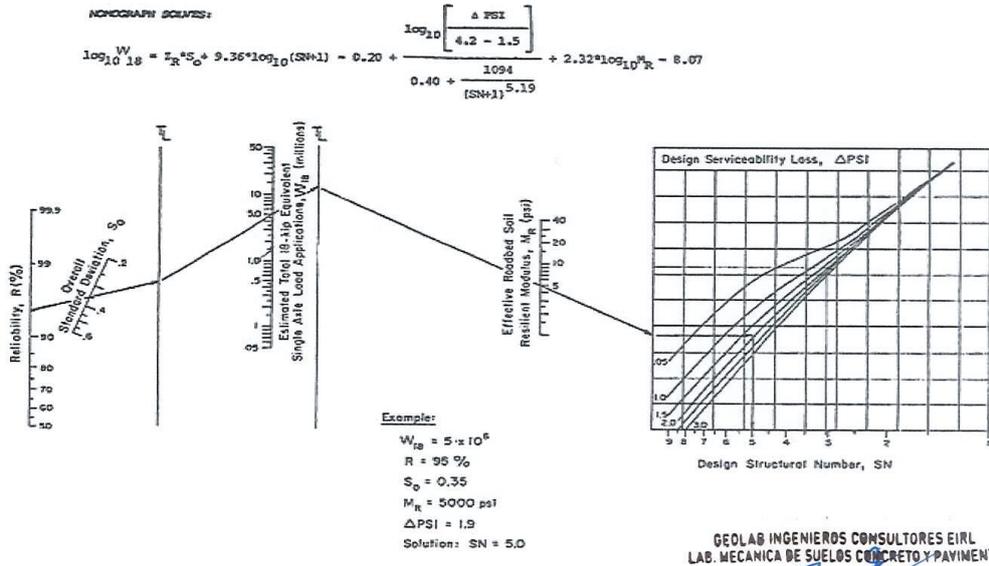
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 175373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



XVII.- DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO 1993

El diseño del pavimento, utilizando el Método AASHTO, versión 1993 (GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURE 1993).basado en AASHTO Road Test, consiste en determinar el Número Estructural (SN) en función del Módulo Resiliente de la subrasante (M_R), número de ejes standard anticipado (N), Confiabilidad (R%), Desviación Standard total (S_o), pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) e índices estructurales del pavimento.

Los valores del número estructural se determinan mediante la aplicación de la ecuación de diseño indicada en la Fig. 3.1 del método de diseño.



Variables de Diseño:

El método AASHTO-93 incluye entre otros los siguientes parámetros:

a) NIVEL DE CONFIANZA

Básicamente, es una forma de incorporar cierto grado de certeza en el proceso de diseño, para garantizar que la sección del pavimento proyectado se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño.

El nivel de confianza tiene como función garantizar que las alternativas adoptadas perduren durante el periodo de diseño. En el Cuadro N° 01 "Niveles de Confianza sugeridos para Diferentes Carreteras", indican los rangos de confiabilidad sugeridos para



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



distintos tipos de carreteras, clasificadas según su funcionalidad. Para el Estudio de Suelos del Estudio Definitivo del Proyecto: "EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH", por ser una Colectora de Transito; le corresponde una confiabilidad que varía de 80 – 95.

NIVELES DE CONFIANZA SUGERIDOS PARA DIFERENTES CARRETERAS

Clasificación	Niveles de Confiabilidad Recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 – 95
Colectoras de Transito	80 - 95	75 – 95
Carreteras Locales	50 - 80	50 - 80

En base a la confiabilidad de los datos estudiados y a los términos de referencia se le asigna una confiabilidad de 85% como promedio. En el Cuadro N° 4.1 "Valores de la Desviación Standard Normal", muestra los valores de Desviación Standard Normal que se adopta en base al Nivel de Confianza. Según la Guía de Diseño AASHTO, resulta un ZR de -1.037

Reliability R (percent)	Standard Normal Deviate, ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Desviación Standard Total

El valor de Desviación Standard Total varía entre 0.40 y 0.50 para pavimento flexible. Se adopta el valor promedio de $S_0 = 0.45$.

Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento es su capacidad de servir al tipo de tráfico que usa la vía (ligero y pesado). La medida de serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad presente (PSI) que varía entre 0 (carretera intransitable) y 5 (carretera en perfectas condiciones). El valor de la serviciabilidad inicial, de acuerdo a la práctica usual, es de $p_i=4.0$ para la carpeta asfáltica. De acuerdo a lo indicado en los Términos de Referencia el Índice de Serviciabilidad final será $p_f=2.0$, por lo que la pérdida del Índice de Serviciabilidad es $\Delta p = 2.0$. En el Cuadro 8.2.1 se presenta el resumen de los valores de serviciabilidad aplicados en el diseño.

Cuadro 01.1

Tipo de superficie de rodadura	p_i	p_f	Δp
Carpeta asfáltica	4.0	2.	2.0

El Índice de serviciabilidad terminal se considera igual a 2., valor que indica la necesidad de Rehabilitar la carretera, para lo cual será necesario efectuar evaluaciones periódicas, tanto Funcional como Estructural (Rugosidad y Deflectometría; respectivamente), a fin de obtener la base de datos con las cuales se establecerán las medidas correctivas y con ellas asegurar la durabilidad de la misma.

Coefficiente de Drenaje m_i

Representa el porcentaje del tiempo durante el Período de Diseño, que las capas del pavimento (Base y Sub-base) estarán expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación, el cual depende de la pluviosidad del sitio, de la topografía del terreno, de la composición granulométrica del terreno natural y del riesgo que ofrezcan los servicios de agua y desagüe. En este caso se adopta un valor de 1.05 correspondiente a una calidad de drenaje Aceptable en un tiempo de riesgo estimado entre < 1% y 5%.

Para efectos de determinar el espesor del pavimento requerido para una estructura nueva, se utilizó el método AASHTO contenido en la Guía de 1993 para diseño de pavimentos flexibles.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195203 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



VALORES DE COEFICIENTE DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	Termino Remoción de Agua	% de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
		<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	2 horas	1.40 -1.35	1.35 -1.30	1.30 -1.20	1.20
Buena	1 día	1.35 -1.25	1.25 -1.15	1.15 -1.00	1.00
Aceptable	1 semana	1.25 -1.15	1.15 -1.05	1.00 -0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 -1.05	1.05 -0.80	0.80 -0.60	0.60
Muy Pobre	El agua no drena	1.05 -0.95	0.95 -0.75	0.75 -0.40	0.40

El método AASHTO-93 incluye entre otros los siguientes parámetros:

CARRETERA PAVIMENTADA A NIVEL SUB BASE, BASE Y CARPETA ASFALTICA

Módulo de Resiliencia efectivo del suelo de fundación (MR)

En el método de AASHTO de 1993, el módulo de resiliencia reemplaza al CBR como variable para caracterizar la subrasante, subbase y base. El módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento. Este parámetro se puede determinar a través de los ensayos dinámicos y de repeticiones de carga, sin embargo la guía AASHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR:

$MR \text{ (psi)} = 1500 \times CBR$ CBR < 10% Ecuación Guía AASHTO

$MR \text{ (psi)} = 3000 CBR^{0.65}$ 10% < CBR < 20% Formula Sudafricana

$Mr = 4326 \ln CBR + 241$ Suelos Granulares Ecuación Guía AASHTO

El Método AASHTO 2002 propone una fórmula de correlación del Módulo de Resiliencia con el CBR que rige para todos los casos:

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64} \text{ (psi)}$$

Consideramos que los valores de los Módulos de Resiliencia obtenidos mediante la fórmula propuesta por el Método AASHTO 2002 son más afines a las propiedades de los suelos, por lo que en el presente estudio usaremos esta última correlación.

El valor del CBR, se tomara del promedio del ensayo realizado para verificar su resistencia al esfuerzo cortante y evaluar la calidad del suelo de fundación de la zona de estudio.

Para la elección del valor Relativo de Soporte de Diseño (CBR_d), se empleó un análisis estadístico, de todos los valores de CBRs en cada sector, obteniéndose los siguientes resultados:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195273 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



El valor del CBR, se tomara del punto más críticos del suelo de fundación.

- ✓ La Capacidad de Soporte de California (CBR) de la sub rasante, tiene los siguientes valores:
- ✓ Calicata C-03, presenta un C.B.R de 16.70%, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1".

Estación	CBR al 95% MDS
CALICATA 03	16,70

En base a los resultados obtenidos y según El Manual De Carretera: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos. Que especifica para hallar el CBR DE DISEÑO:

PARA LA OBTENCION del valor CBR de diseño de la subrasante, se debe considerar lo siguiente:

- En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinara el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
- En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinara el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los sub sectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según cuadro 4.11.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Samos
CIP. 195372 - CONSULTOR C - 123796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificara a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Cuadro 4.11
Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Para la elección del valor Relativo de Soporte de Diseño (CBR_d), se empleó un análisis estadístico y al contar con resultados de ensayos de CBR_a, de características homogéneas, obteniéndose el CBR de diseño para el - nos da el siguiente resultado: cuyo valor promedio es **16.70%**, teniendo un módulo de resiliencia de **15,486** psi.

PERIODO DE DISEÑO (N)

El período de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento es de 20 años.

INDICES ESTRUCTURALES

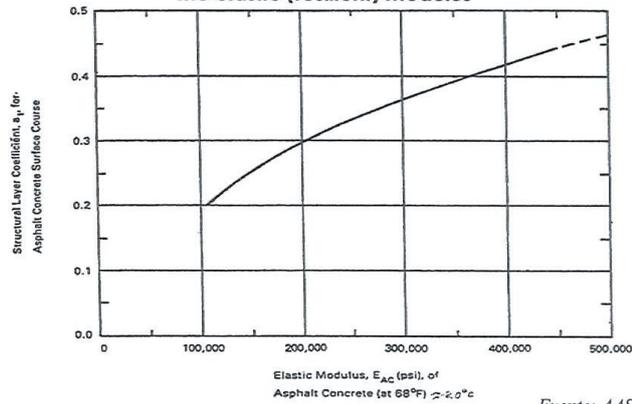
El valor del coeficiente de equivalencia de la carpeta asfáltica se obtiene de la Fig. 1, para un módulo elástico de la mezcla asfáltica estimado en 450,000 psi.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS-CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



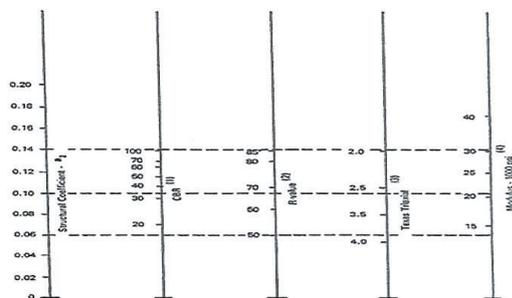
Figura 1
 Chart for estimating structural layer coefficient of dense graded asphalt mixes based on the elastic (resilient) modulus



Fuente: AASHTO

Los coeficientes de equivalencia de las capas de base y subbase se obtienen de las Fig. 1.1 y 1.2 para los valores de CBR especificados.

Figura 1.1
 Variation in Granular Base Layer (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)



Fuente: AASHTO

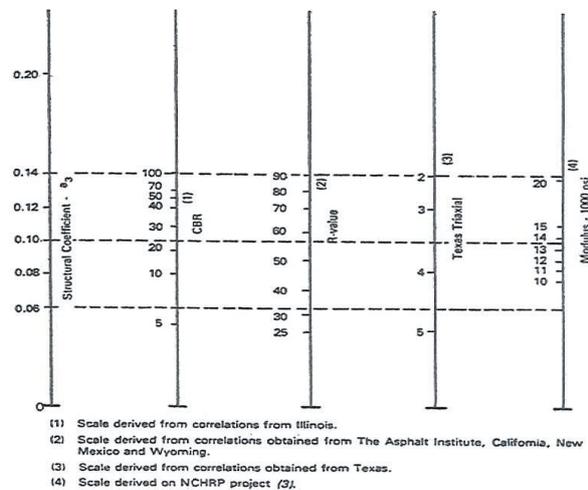
(1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
 (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
 (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas.
 (4) Scale derived on NCHRP project (2).

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP. 115373 - CONSULTOR C-127196
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



Figura 1.2
Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)



De esta manera se tienen los siguientes coeficientes

- Primera Capa: Corresponde a la Mezcla Asfáltica con un Módulo de Resiliencia de 450,000 Lb/pulg² y coeficiente estructural a_1 de 0.44/pulg.; valor que se estima en el Grafico N° 01 denominado "Variación de a_1 en función del Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico".
- Segunda Capa: Corresponde a una Base Granular, con CBR mínimo de 80% y coeficiente estructural a_2 de 0.14/pulg.;
- Tercera Capa: Corresponde a una Subbase Granular, con un CBR mínimo de 40% y coeficiente estructural a_3 de 0.11/pulg.;

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195213 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



• **Diseño Sistema Multicapa**

Este paso consiste en definir las diferentes capas de la estructura del pavimento, las que de acuerdo a sus características estructurales satisfagan el Número Estructural calculado. La estructuración no tiene una solución única, en la elección de las capas se deben considerar los materiales disponibles y su costo. Para la determinación del Número Estructural del pavimento, se empleó la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + a_4 D_4 m_4$$

En donde:

a_1, a_2, a_3 son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m_2, m_3 son los coeficientes de drenaje para base y subbase.

D_1, D_2, D_3 son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.

Esta fórmula tiene muchas soluciones, en función de las diferentes combinaciones de espesores; no obstante, existen normativas que tienden a dar espesores de capas que deben ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes, por efecto de las capas superiores de mayor resistencia.

Con la ecuación anterior se obtiene el Número Estructural SN para diferentes grupos de espesores de capas de pavimento que combinados proporcionan la capacidad de carga requerida capaz de soportar el tránsito previsto durante el Período de Diseño. Así, se obtienen los siguientes espesores de Carpeta Asfáltica, Base Granular D2 y Sub-base D3, respectivamente:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-123796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



✦ ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Para obtener el número estructural (SN) se empleó los siguientes datos:

Teniendo en cuenta la categoría de las via a pavimentar se debera de tener en cuenta los siguientes parametros de diseño:

✓ E.A.L. trafico mediano	= 3.94E+05
✓ Desviación Estándar (So)	= 0.45
✓ Estándar Normal Deviate (Zr)	= -1.037
✓ Factor de confiabilidad (R)	= 85%
✓ Servicialidad inicial (pi)	= 4.0
✓ Serviciabilidad final (pt)	= 2
✓ CBR de Diseño Promedio (Sub rasante)	= 16.70
✓ Modulo de Resiliencia (Sub rasante)	= 15,486 Psi

Luego, utilizando el monograma de diseño para pavimentos flexibles método AASTHO 1993, el número estructural (SN) corregido para el diseño es:

$$SN = 2.14$$

La Formula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

En donde:

a_1, a_2, a_3 son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m_2, m_3 son los coeficientes de drenaje para base y subbase

D_1, D_2, D_3 son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.

Esta fórmula tiene muchas soluciones, en función de las diferentes combinaciones de espesores; no obstante, existen normativas que tienden a dar espesores de capas que deben ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes, por efecto de las capas superiores de mayor resistencia.

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Tarma
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

WILZE J. ZELAYA SANTOS
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
E.I.R.L. - CONSULTOR C-127796
B.P. 195373
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

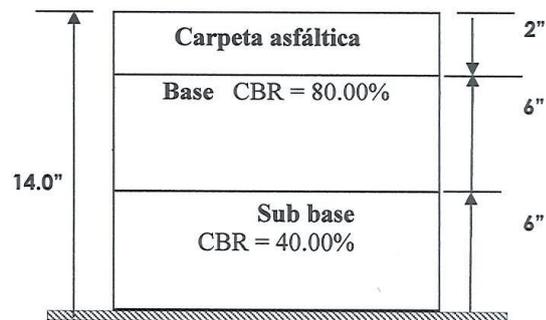


ESTRUCTURA PROPUESTA

CARPETA: 50 mm = 2.0"

BASE: 150 mm = 6"

SUB BASE: 150 mm = 6"



Terreno Natural CBR de diseño = 16.70

Fig. N° 01

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
E.P. 198573 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

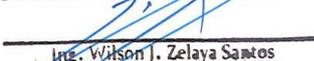


18.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La Capacidad de Soporte de California (CBR) de la sub rasante se tomó del promedio y tiene el siguiente valor

- Presenta un C.B.R de diseño de 16.70%, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1".
- En todo el tramo, longitud y ancho de la capa de rodadura se colocará:
- Una Sub Base de 6" de espesor promedio (15.00 cm.), con material afirmado con finos no plásticos con agregado grueso máximo de 1", cumpliendo la gradación tipo B, para un C.B.R mayor o igual al 40%, con una compactación mínima del 100% con respecto a su proctor modificado, el control de calidad se hará cada 40 m lineales y en bolillo.
- Una Base de 6" de espesor (15.00 cm.), con material afirmado con finos no plásticos con agregado grueso máximo de 1", cumpliendo la gradación tipo B, para un C.B.R mayor o igual al 80%, con una compactación mínima del 100% con respecto a su proctor modificado, el control de calidad se hará cada 40 m lineales y en bolillo.
- En todo el ancho de la calzada (faja de rodadura) se colocará una película de imprimación y carpeta asfáltica en caliente de 2" (5 cm) de espesor.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 198373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



XIX. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

CONCLUSIONES

- La evaluación estructural, se realizó mediante calicatas excavadas manualmente, hasta una profundidad de 1.50 m, tomando como nivel de rasante el nivel de los techos de buzones existentes, de donde se extrajeron muestras del suelo que fueron analizadas en el laboratorio, lo que permitió conocer la estratigrafía de la vía en estudio.
- El suelo está conformado geomorfológicamente en todas la zonas analizadas por una Material de relleno no controlado (gravas, arenas contaminado con restos de concreto cascajos de ladrillos, restos de asfalto), seguido de un primer estrato (M-1) de Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige claro con presencia de finos no plásticos, Condición in situ: semi compacto y húmedo.
- En las calicatas exploradas no se detectó presencia de nivel freático.
-
- Después de haber realizado los estudios de suelos respectivos a esta zona se puede decir que estamos contando con una sub rasante Buena apto para la construcción presentando un CBR de diseño de 16.70 % obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1".

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN CBR (tabla N° 01)

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Manual De Carretera: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIB. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B LI. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



La estructura recomendada del pavimento

Conformación de la Estructura del pavimento	cm
Carpeta Asfáltica en caliente	5
Base Granular	15
Sub Base Granular	15

- En las zonas donde exista material de relleno no controlado se recomienda cortar hasta eliminar, el cual se deberá reemplazar por material granular de préstamo seleccionado de cantera sin finos plásticos, con agregado grueso máximo de 1", de la clasificación A1 -a (o) y/o A1-b(0), de la clasificación AASHTO, para un CBR mayor o igual al 30%, obtenido al 100% de M.D.S. a una penetración de 0.1".
- Se recomienda el control de la compactación de la Subrasante, por medio de los ensayos de Densidad de Campo, la Compactación mínima requerida será del 95% de la compactación con respecto a su Proctor Modificado.
- Se recomienda el control de la compactación de la Sub. Base y Base, por medio de los ensayos de Densidad de Campo, la Compactación mínima requerida en la sub. base y en la Base será del 100% de la compactación con respecto a su Proctor Modificado.
- Por los resultados de los ensayos químicos en la zona, el concreto a utilizar en toda estructura será preparado con cemento cemento Portland tipo II o sus similares IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS), como se especifica en la norma N.T.E. E.060 CONCRETO ARMADO.
- El material utilizado para Bases y Sub-Bases deberán cumplir los valores establecidos por la norma del M.T.C. siguiente:
 - El material para sub base granular a utilizar deberá cumplir con la curva granulométrica de la gradación del tipo **B**, de la ASTM.
 - El material para base granular a utilizar deberá cumplir con la curva granulométrica de la gradación del tipo **B**, de la ASTM.
- La capa Base estará conformada por material granular seleccionado de la clasificación A1 -a (0) y/o A1-b (0), de la clasificación AASHTO, con agregado grueso máximo de 1".

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
RIP-195372 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- Con respecto a los límites de consistencia el material para base deberá de presentar un límite líquido no mayor al 25% según norma MTC E 110, y tener un índice de plasticidad máximo de 4% según norma MTC E 111.
- El material grueso del agregado granular para base, deberá presenta un porcentaje de desgaste de abrasión no mayor al 40%, norma MTC E 207.
- El material para base granular deberá presentar un Equivalente de Arena mayor al 35% según norma MTC E 114.
- El material para base granular no deberá de presentar sales solubles totales en porcentaje mayor al 0.50%, norma MTC E 219.
- El material para base granular no deberá de presentar una perdida con Sulfato de Sodio mayor al 12%, norma MTC E 209.
- Se humedecerá, batirá y conformara la capa de sub base y base hasta alcanzar el nivel de base terminada teniendo en cuenta los espesores recomendados.
- Las conclusiones y recomendaciones solamente son para la zona en estudio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHIA



- Los materiales utilizados para Sub Base del pavimento deberán cumplir los valores establecidos por la norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.

Tabla 303-1

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

TABLA 4
Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4,75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2,0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4,25 µm (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: Sección 303 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.

Sub-Base Granular

Además deberá Cumplir Con Los Sigüientes Requisitos De Calidad

TABLA 5
Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Límite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

* 30% para pavimentos rígidos y de adoquines. 40% para pavimentos flexibles.

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

- Los materiales utilizados para Base del pavimento deberán cumplir los valores establecidos por la norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson A. Zelaya Santos
CIP 115373 - CONSULTOR C-14794
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



Requerimientos Granulométricos para Base Granular

TABLA 6

Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.

TABLA 7

Valor Relativo de Soporte, CBR
NTP 339.145:1999

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

TABLA 8

Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	---	12% máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	---	18% máximo

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195375 - CONSULTOR C-121194
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TABLA 9
Requerimientos del Agregado Fino de Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3000 msnmm	> 3000 msnmm
Índice Plástico	NTP 339.129:1999	4% máximo	2% máximo
Equivalente de arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Índice de durabilidad	MTC E214-2000	35% mínimo	

3.4.4 De los pavimentos asfálticos: Estos materiales deberán cumplir los requisitos establecidos en las siguientes Tablas:

TABLA 10
Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	12 % máximo	10 % máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	18 % máximo	15 % máximo
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	35 % máximo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 % mínimo	
Partículas chatas y alargadas *	NTP 400.040:1999	15 % máximo	
Partículas fracturadas	MTC E210-2000	Según Tabla 12	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.021:2002	1,00 %	Según Diseño
Adherencia	MTC E519-2000	+ 95	

* La relación a emplearse para la determinación es: 5/1 (ancho/espesor o longitud/ancho)

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195273 - CONSULTOR C-121794
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TABLA 11
 Requerimientos para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	Según Tabla 13	
Angularidad del agregado fino	MTC E222-2000	Según Tabla 14	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E220-2000	4 % mínimo	6 % mínimo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 mínimo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	Máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.022:2002	0,50 %	Según Diseño

TABLA 12
 Requerimientos para Caras Fracturadas
 MTC E210-2000

Tipos de Vías	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
Vías Locales y Colectoras	65/40	50/30
Vías Arteriales y Expresas	85/50	60/40

Nota: La notación "85/50" indica que el 85 % del agregado grueso tiene una cara Fracturada y que el 50 % tiene dos caras fracturadas.

TABLA 13
 Requerimientos del Equivalente de Arena
 NTP 339.146:2000

Tipos de Vías	Equivalente Arena (%)
Vías Locales y Colectoras	45 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	50 mínimo

TABLA 14
 Angularidad del Agregado Fino
 MTC E222-2000

Tipos de Vías	Angularidad (%)
Vías Locales y Colectoras	30 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	40 mínimo

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CONSULTOR C-127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B LI. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Tarma
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
 E-mail: wilze822@hotmail.com

INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TABLA 15
Gradaciones de los Agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente

Tamiz	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25.0 mm (1")	100	-	-
19.0 mm (3/4")	80 - 100	100	-
12.5 mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	-
9.5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	08 - 17	08 - 17	09 - 19
75 µm (N° 200)	04 - 08	04 - 08	05 - 10

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 21
Adoquines – Requisitos
[NTP 399.611]

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

TABLA 22
Resistencia a la Compresión

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO* (MPa)	MINIMO* (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

*Valores correspondientes a una muestra de tres unidades

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zeláya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C - 121396
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

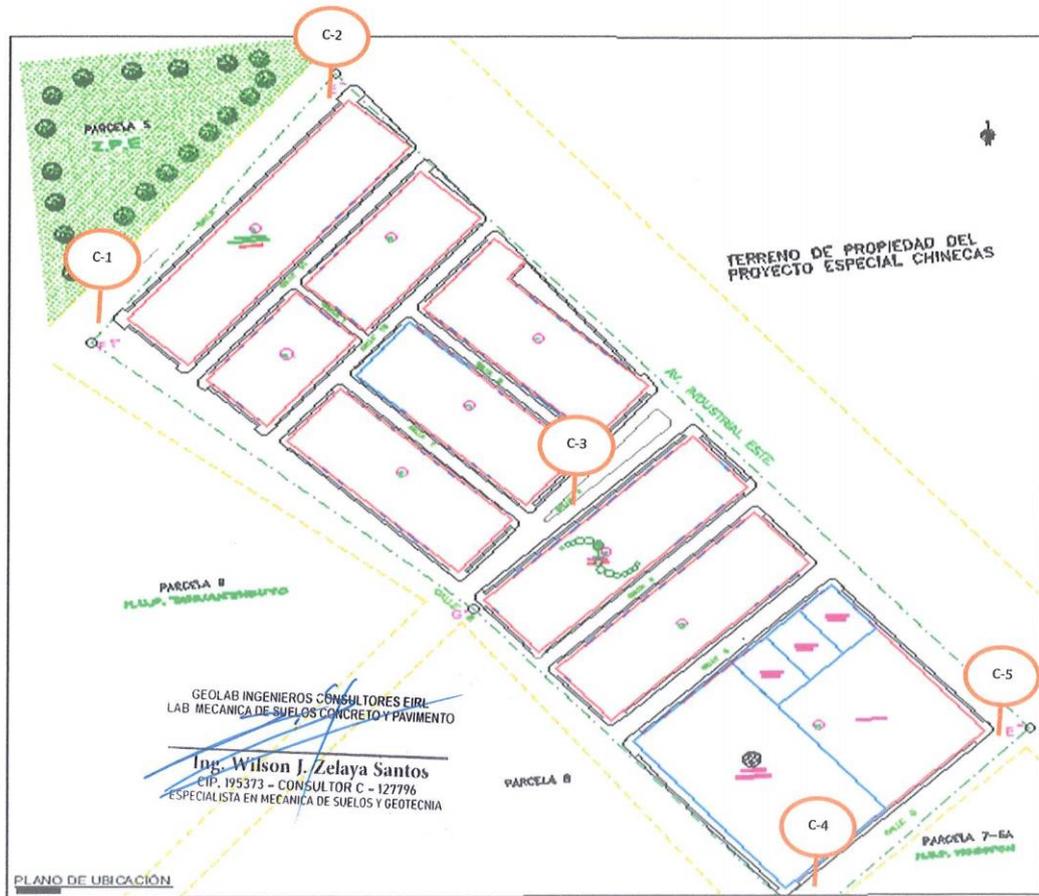


Anexo

PLANO DE UBICACION DE CALICATAS

~~GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO~~

~~Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127396
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA~~





GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TABLA 30

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas			
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm		NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm ² (3.4 MPa)	f _c ≥ 380 Kg/cm ² (38 MPa)

Notas: * N.A.: No aplicable; ** N.R.: No Recomendable; *** El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

Fuente: Norma CE.010PAVIMENTOS URBANOS

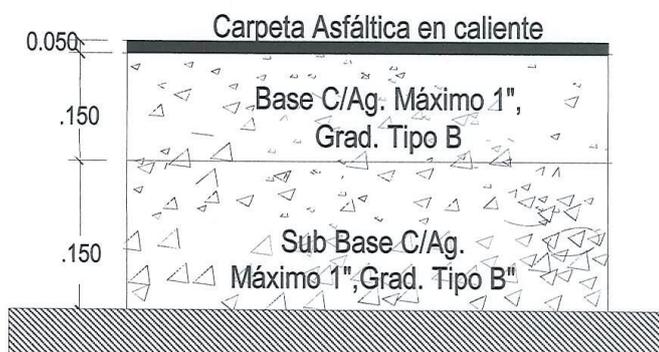
GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP 195273 - CONSULTOR C-127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



sub rasante
**fig. N° 01, ESTRUCTURA PAVIMENTO
- VIAS LOCALES**

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 275373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo

TRAFICO DE DISEÑO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

FACTOR TRAFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN EL TRAMO 01: AV BUENOS AIRES DE PSJE FE Y ALEGRIA HASTA AV FE Y ALEGRIA, TRAMO 02: AV FE Y ALEGRIA DE AV BUENOS AIRES HASTA AV PELICANOS, TRAMO 03: AV PELICANOS DE AV FE Y ALEGRIA HASTA AV PACIFICO DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE DE LA PROVINCIA DE SANTA DEL DEPARTAMENTO DE ANCASH - TRAMO 2

P= 2 Índice de serviciabilidad (bondad de servicio) L2=1 Eje Simple
 SN= 2.5 Número estructural, (calidad de la capa) L2=2 Eje Tandem $EALF = \frac{W_{18L}}{W_s}$
 Lx = Carga en Kips sobre un eje Simple, Tandem y tridem L2=3 Eje Tridem
 L2 = 1, 2, 3 Código de eje

EALF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE:
 Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga Stándar, que usualmente es de 18 Kips=18000lb Calculado mediante las siguientes expresiones

$$LOG \left(\frac{W_{18}}{W_s} \right) = 4.79 LOG (18 + 1) - 4.79 LOG (Lx + L2) + 4.33 LOG (L2) + \frac{G_1}{E_s} - \frac{G_2}{E_{18}}$$

$$B_s = 0.4 + \frac{0.08(Lx + L2)^{2.25}}{(SN + 1)^{2.19} L2^{2.25}}$$

$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.08(18 + 1)^{2.25}}{(SN + 1)^{2.19} L2^{2.25}}$$

$$G_1 = LOG \left(\frac{4.2 - P_s}{4.2 - 1.5} \right)$$

B₁₈ = 2,021 Para Lx=18 y L2=1 G₁ = -0,089

MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	Lx POR EJES (Kips)	L2	B _s	EALF (POR EJE)	FACTOR CAMION FC=EALF _i	FC*IMDA
			EJE	%	Lx							
VEHICULOS MENORES												
CATEGORIA " L "												
MOTOKAR / MOTO LINEAL	344	0,30	Del.	30,0%	0,09	0,661	0,198	1	0,400	0,000027	0,000010	0,003249
			Post. 01	70,0%	0,21							
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA " M "												
AUTOMOVILES	80	3,00	Del.	50,0%	1,50	6,608	3,304	1	0,413	0,0012082	0,002416	0,1933130
			Post. 01	50,0%	1,50							
STATION WAGON	10	3,50	Del.	50,0%	1,75	7,709	3,855	1	0,420	0,0021347	0,004269	0,0426937
			Post. 01	50,0%	1,75							
CAMIONETA PICK UP	124	5,00	Del.	50,0%	2,50	11,013	5,507	1	0,451	0,0083944	0,016789	2,0818166
			Post. 01	50,0%	2,50							
PANEL	2	5,00	Del.	50,0%	2,50	11,013	5,507	1	0,451	0,0083944	0,016789	0,0335777
			Post. 01	50,0%	2,50							
COMBI	15	7,00	Del.	50,0%	3,50	15,419	7,709	1	0,530	0,0316907	0,063381	0,9507204
			Post. 01	50,0%	3,50							
BUS (B2)	10	18,00	Del.	38,9%	7,00	39,648	15,419	1	1,411	0,5190689	4,199093	41,9909298
			Post. 01	61,1%	11,00							
BUS (B3-1)	0		Del.		7,00							
			Post. 01		16,00							
BUS (B4-1)	0		Del.		14,00							
			Post. 01		16,00							
BUS (BA-1)	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		7,00							
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA " N "												
C=CAMION												
CAMION (C2)	11	18,00	Del.	38,9%	7,00	39,648	15,419	1	1,411	0,5190689	4,199093	46,1900228
			Post. 01	61,1%	11,00							
CAMION (C3)	3	25,00	Del.	28,0%	7,00	55,066	15,419	1	1,411	0,5190689	2,606520	7,8195597
			Post. 01	72,0%	18,00							
CAMION (C4) ₁₊₃	0		Del.		7,00							
			Post. 01		23,00							
CAMION (C4) ₂₊₂	0		Del.		14,00							
			Post. 01		18,00							
CATEGORIA " O "												
T5=TRACTO CAMION + SEMIREMOLQUE												
T2S1	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		11,00							
T2S2	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		18,00							
T2S62	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		11,00							
			Post. 03		11,00							
T2S3	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		25,00							
T2S63	0		Del.		7,00							
			Post. 01		11,00							
			Post. 02		11,00							
			Post. 03		18,00							
T3S1	0		Del.		7,00							
			Post. 01		18,00							
			Post. 02		11,00							
T3S2	0		Del.		7,00							
			Post. 01		18,00							
			Post. 02		18,00							
T3S62	0		Del.		7,00							
			Post. 01		18,00							
			Post. 02		11,00							
			Post. 03		11,00							
T3S3	0		Del.		7,00							
			Post. 01		18,00							
			Post. 02		25,00							
T3S63	0		Del.		7,00							
			Post. 01		18,00							
			Post. 02		11,00							
			Post. 03		18,00							

GEO LAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
DIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

CR=CAMIÓN + REMOLQUE									
C2R2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	11,00			1	
				Post. 02	11,00			1	
C2R3		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	11,00			1	
				Post. 03	18,00			2	
C3R2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	11,00			1	
C3R3		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	11,00			1	
C3R4		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	18,00			2	
C4R2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	23,00			3	
				Post. 03	11,00			1	
C4R3		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	23,00			3	
				Post. 03	11,00			1	
C4R2		0		Del.	14,00			2	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	11,00			1	
C4R3		0		Del.	14,00			2	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	11,00			1	
C4R4		0		Del.	14,00			2	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 03	18,00			2	
CRB=CAMIÓN + REMOLQUE BALANCEADO									
C2RB1		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	11,00			1	
				Post. 02	11,00			1	
C2RB2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	11,00			1	
				Post. 02	18,00			2	
C3RB1		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	11,00			1	
C3RB2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	18,00			2	
C4RB1		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	23,00			3	
				Post. 02	11,00			1	
C4RB2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	23,00			3	
				Post. 02	18,00			2	
C4RB1		0		Del.	14,00			2	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	11,00			1	
C4RB2		0		Del.	14,00			2	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	18,00			2	
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE DOBLE									
T3S2S2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	18,00			2	
				Post. 03	18,00			2	
T3S4S2S2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	11,00			1	
				Post. 03	11,00			1	
				Post. 05	11,00			1	
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE TRIPLE									
T5S2S1S2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	18,00			2	
				Post. 03	11,00			1	
				Post. 04	18,00			2	
T3S4S1S2		0		Del.	7,00			1	
				Post. 01	18,00			2	
				Post. 02	11,00			1	
				Post. 03	11,00			1	
				Post. 04	11,00			1	
				Post. 05	11,00			1	
DICE MEDIO DIARIO ANUAL		599							9,93E+01

$r = 3,10\%$ Tasa de crecimiento
 $Y = 20$ Periodo de diseño
 $G =$ Factor de crecimiento
 $D = 0,5$ Factor de Distribución en Dirección
 $L = 0,6$ Factor de Distribución por Carri

$$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

$(G)(Y) = 27,1454$ FACTOR DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO

$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=n} FACTORCAMIÓN_i \times IMD_i(G)(D)(L)(Y) \times 365 = 3,94E+05$$

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
 Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP 195372 - CONSULTOR C-127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



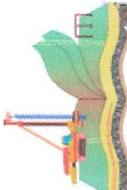
Anexo

Diseño de Pavimento AASHTO 93

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 175373 - CONSULTOR C-127196
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilce822@hotmail.com

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTTE- ANCASH

TESISTA DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

LOCALIZACIÓN: ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR

DISEÑO : PAVIMENTO FLEXIBLE - VIA LOCAL

CALCULO DEL MODULO RESILIENTE DE DISEÑO													
Ubicación	Lado	Calicata	Prof.	Muestra	AASHTO	SUCS	CBR 95%	DS1	DS2	CBRDS1	CBRDS2	CBR (Equiv.)	M _r (2002)
	Der	C - 3	1,5 m.	M-1	A-3 (2)	SP	16,70	0,50	1,50	16,70	16,70	16,70	15.486

EAL 10	EAL 20	CBR	MIR (psi)
	3,94E+05	16,70	15.486

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Samos
 CIP: 106373 - CONSULTOR C-127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



TESIS: EFECTO EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH
TESISTA: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
UBICACION: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
LOCALIZACION: ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR
DISEÑO: PAVIMENTO FLEXIBLE - VIA LOCAL

**DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PERIODO 0-20 AÑOS
 METODO AASHTO - 1993**

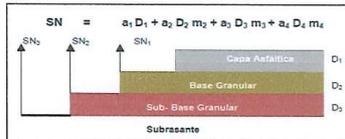
INICIO DE SERVICIO: 2023 PERIODO DE ANALISIS: 20

Confiabilidad R %	Desviacion Standard So	Esal W18	Modulo Resiliente Mr (psi)	Serviciabilidad		Pérdida de Serviciabilidad Δ PSI
				Inicial Po	final Pt	
85	0,45	3,94E+05	15.486	PSI(i)=4,0	PSI(f)=2,0	2,0
-1,037						

Numero Estructural de Diseño SN	2,14
---------------------------------	------

Espesores propuestos (cm)	Coeficiente Estructural		Coeficiente de Drenaje		Numero Estructural Real SN
Carpeta Asfáltica (D ₁)	5,0	(a ₁)	0,44		0,87
Base (D ₂)	15,0	(a ₂)	0,14	(m ₂)	0,83
Sub Base (D ₃)	15,0	(a ₃)	0,12	(m ₃)	0,71
Espesor Total	35,0				3,40

Log(W ₁₈) = 5,595024053	Fórmula AASHTO 5,59591644
-------------------------------------	---------------------------



PAVIMENTO ASFALTICO, PERIODO 20 AÑOS				
SECTOR	UBICACION	Carpeta Asfáltica (cm)	Base (cm)	Subbase (cm)
ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH	5,0	15,0	15,0

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 Fig. Wilson J. Zelaya Samois
 CIP 195373 - CONSULTOR C-127794
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo Registro de Sondaje

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Samos
EIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Ms. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: WHz822@hotmail.com

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH

TESISTA DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

FECHA : MAYO DEL 2023

Calicata : C-1 Profundidad Alcanzada (m) 1,50
Nivel Freatico (m) NP

PROFUNDIDAD (metros)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUS)												
			DN, g/cm ³	DN, %															
0.00	C					Material de relleno no controlado (mezcla de afimado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto)	RELLENO												
0.50	I	M-1				<p>Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plasticos</p> <p>Condición in situ : semi compacto y humedo</p> <table border="0"> <tr> <td>Gravas %</td> <td>0,00%</td> <td>Arenas%</td> <td>96,15%</td> <td>finos%</td> <td>3,85%</td> </tr> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td>NP</td> <td>ndice de Plasticidad</td> <td></td> <td></td> <td>NP</td> </tr> </table>	Gravas %	0,00%	Arenas%	96,15%	finos%	3,85%	Limite Liquido	NP	ndice de Plasticidad			NP	SP
Gravas %	0,00%	Arenas%	96,15%	finos%	3,85%														
Limite Liquido	NP	ndice de Plasticidad			NP														
0.80	C					<p>Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plasticos</p> <p>Condición in situ : semi compacto y humedo</p> <table border="0"> <tr> <td>Gravas %</td> <td>0,00%</td> <td>Arenas%</td> <td>96,15%</td> <td>finos%</td> <td>3,85%</td> </tr> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td>NP</td> <td>ndice de Plasticidad</td> <td></td> <td></td> <td>NP</td> </tr> </table>	Gravas %	0,00%	Arenas%	96,15%	finos%	3,85%	Limite Liquido	NP	ndice de Plasticidad			NP	SP
Gravas %	0,00%	Arenas%	96,15%	finos%	3,85%														
Limite Liquido	NP	ndice de Plasticidad			NP														
	A																		
	T																		
	A																		
	T																		
	A																		
1.50	A																		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay M. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wtlz6822@hotmail.com



TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH

TESISTA DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

FECHA : MAYO DEL 2023

Calicata : C-2 Profundidad Alcanzada (m) 1,50
Nivel Freático (m) NP

PROFUNDIDAD (METERS)	TIPO DE ENCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm ³	HN, %			
0.00	C					Material de relleno no controlado (mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto)	RELLENO
0.35						Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plásticos Condición in situ : semi compacto y humedo Gravas % 8,23% Arenas% 88,82% finos% 2,95% Limite Líquido NP índice de Plasticidad NP	SP
1.50	A	M-1					

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP: 95373 - CONSULTOR C-127794
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
FECHA	: MAYO DEL 2023		
Calicata	: C-03	Profundidad Alcanzada (m)	1.50
		Nivel Freático (m)	NP

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm ³	HN, %			
0.00	C					Material de relleno no controlado (mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto)	RELLENO
0.40							
0.80	I	M-1				Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige con presencia de finos no plasticos Condición in situ : semi compacto y humedo Gravas % 0.00% Arenas% 97,73% finos% 2,27% Limite Liquido NP ndice de Plasticidad NP	SP
	C						
1.50	A	M-2				Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plasticos Condición in situ : semi compacto y humedo Gravas % 0.00% Arenas% 98,43% finos% 1,57% Limite Liquido NP ndice de Plasticidad NP	SP
	T						
	A						
	T						
	A						

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
C.R. 195373 - CONSULTOR C-127396
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH

TESISTA DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

FECHA : MAYO DEL 2023

Calicata : C-04 Profundidad Alcanzada (m) 1.50
Nivel Freático (m) NP

PROFUNDIDAD (MEDIOS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUELO)
			DN, g/cm ³	HN, %			
0.00	C					Material de relleno no controlado (mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto)	RELLENO
0.30							
0.60	I	M-1				Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige con presencia de finos no plasticos Condición in situ : semi compacto y humedo Gravas % 0,00% Arenas% 97,73% finos% 2,27% Límite Líquido NP Índice de Plasticidad NP	SP
	C						
1.50	A	M-2				Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige oscuro con presencia de finos no plasticos Condición in situ : semi compacto y humedo Gravas % 0,00% Arenas% 98,43% finos% 1,57% Límite Líquido NP Índice de Plasticidad NP	SP
	T						
	A						
	T						
	A						

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

 Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wlizer822@hotmail.com



TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH

TESISTA DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

FECHA : MAYO DEL 2023

Calicata : C-05 Profundidad Alcanzada (m) 1.50
Nivel Freático (m) NP

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE ENCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm ³	HN, %			
0.00	C					Material de relleno no controlado (mezcla de afirmado granular, contaminado con restos de concreto, cascajos de ladrillos, asfalto)	RELLENO
0.30	I	M-1				Arena Mal Graduada (SP): de grano fino, de forma subredondeada, de color beige claro con presencia de finos no plasticos Condición in situ : semi compacto y ligeramente humedo Gravas % 1,53% Arenas% 94,42% finos% 4,05% Limite Líquido NP ndice de Plasticidad NP	SP
1.50	C						
	A						
	T						
	A						
	T						
	A						

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Colaya Santos
 CIP. 195373 - CONSULTOR C-127294
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo

Ensayo Analisis Granulométrico

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tanguay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilz@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-1	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-1	Profundidad muestra (m):	0,50-0,80

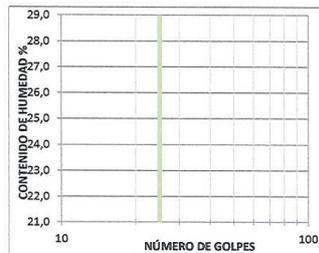
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			153,54
P ₂			150,38
P ₃			12,24
P _w			3,16
P _s			138,14
W%			2,29

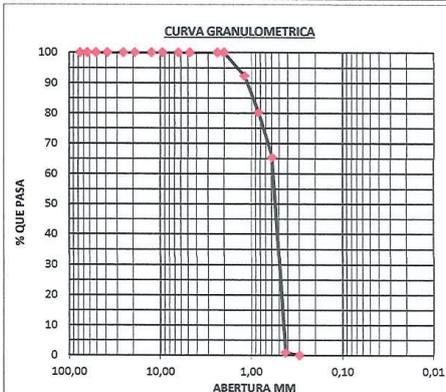
P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g
P_w = Peso del Agua, en g
P_s = Peso Suelo Seco, en g
W = Contenido de agua, en %

$P_w = P_1 - P_2$
 $P_s = P_2 - P_3$
 $w = (P_w / P_s) \times 100$



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
Peso inicial:	1.080,45	[gr]			
Peso final:	1.080,45	[gr]			
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750				
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000				
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	1,18	0,1%	0,1%	99,9%
Nº 30	0,595	82,06	7,6%	7,7%	92,3%
Nº 40	0,425	130,36	12,1%	19,8%	80,2%
Nº 50	0,297	160,14	14,8%	34,6%	65,4%
Nº 100	0,106	490,68	45,4%	80,0%	20,0%
Nº 200	0,075	206,50	19,1%	99,1%	0,9%
Pasa 200		9,53	0,9%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,00%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	99,12%
Índice Plástico	-	%	Finos	0,88%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tanguay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilco82@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

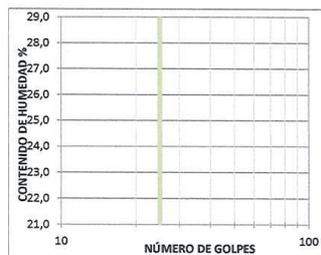
TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-1	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-2	Profundidad muestra (m):	0,80-1,50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			NL
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

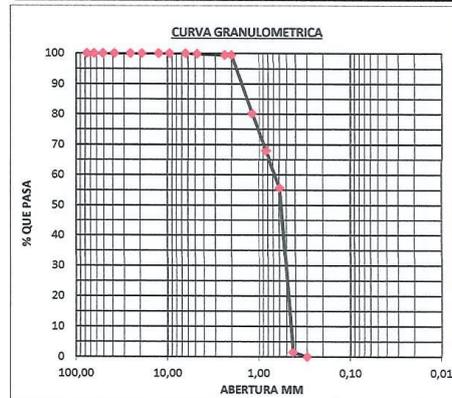
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			178,69
P ₂			176,41
P ₃			12,62
P _w			2,28
P _s			163,79
W%			1,39

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g P_w = P₁ - P₂
P_w = Peso del Agua, en g P_s = P₂ - P₃
P_s = Peso Suelo Seco, en g w = (P_w / P_s) x 100
W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Peso inicial:	1.192,13	[gr]	Peso final:	1.192,13	[gr]
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750	2,05	0,2%	0,2%	99,8%
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	4,66	0,4%	0,6%	99,4%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	33,84	2,8%	3,4%	96,6%
Nº 30	0,595	195,59	16,4%	19,8%	80,2%
Nº 40	0,425	145,59	12,2%	32,0%	68,0%
Nº 50	0,297	147,18	12,3%	44,4%	55,6%
Nº 100	0,106	446,23	37,4%	81,8%	18,2%
Nº 200	0,075	199,51	16,7%	98,5%	1,5%
Pasa 200		17,48	1,5%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,17%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	98,36%
Índice Plástico	-	%	Finos	1,47%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangey Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilce22@hotmail.com



REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

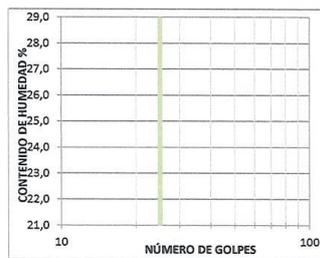
TESIS	EFFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
Calicata:	C-2 Fecha : MAYO DEL 2023
Muestra:	M-1 Profundidad muestra (m): 0,35-1,50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

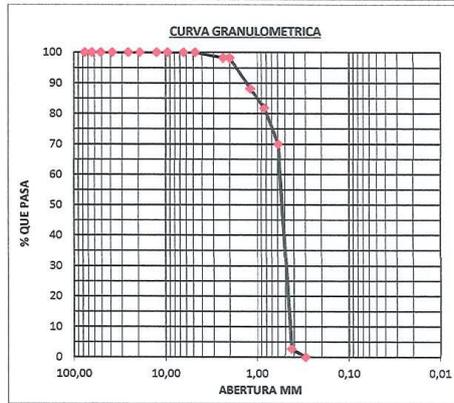
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			135,50
P ₂			132,27
P ₃			12,54
P _w			3,23
P _s			119,73
W%			2,70

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco , en g
P₃ = Peso Recipiente, en g P_w = P₁ - P₂
P_w = Peso del Agua , en g P_s = P₂ - P₃
P_s = Peso Suelo Seco, en g w = (P_w / P_s) x 100
W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Peso inicial:	1.131,30	[gr]	Peso final:	1.131,30	[gr]
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750				
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	20,47	1,8%	1,8%	98,2%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	52,72	4,7%	6,5%	93,5%
Nº 30	0,595	61,02	5,4%	11,9%	88,1%
Nº 40	0,425	71,50	6,3%	18,2%	81,8%
Nº 50	0,297	133,89	11,8%	30,0%	70,0%
Nº 100	0,106	529,92	46,8%	76,9%	23,1%
Nº 200	0,075	231,95	20,5%	97,4%	2,6%
Pasa 200		29,83	2,6%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,00%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	97,36%
Índice Plástico	-	%	Finos	2,64%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195273 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 83 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190649
Telefono: 954877150-945417124 e-mail: WILZ@22@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-3	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-1	Profundidad muestra (m):	0,40-1,50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

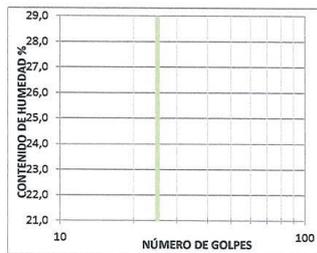
LÍMITE LÍQUIDO	
Determinación No	
Número de Golpes	
Recipiente No.	
P ₁	
P ₂	
P ₃	
P _w	
P _s	
W%	

NL

LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Recipiente No.	4	5
P ₁		240,17
P ₂		238,15
P ₃		10,71
P _w		4,02
P _s		225,44
W%		1,78

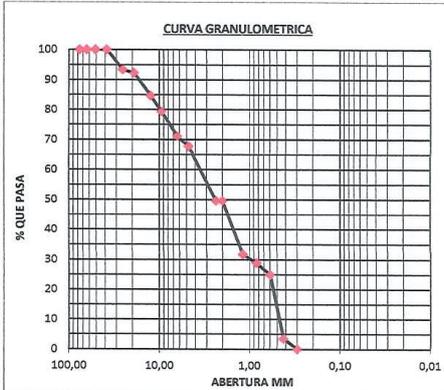
NP

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g P_w = P₁ - P₂
P_w = Peso del Agua, en g P_s = P₂ - P₃
P_s = Peso Suelo Seco, en g w = (P_w / P_s) x 100
W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400	92,90	6,6%	6,6%	93,4%
3/4"	19,050	15,56	1,1%	7,7%	92,3%
1/2"	12,500	108,25	7,7%	15,4%	84,6%
3/8"	9,500	74,98	5,3%	20,7%	79,3%
1/4"	6,350	115,98	8,2%	28,9%	71,1%
Nº 4	4,750	47,55	3,4%	32,3%	67,7%
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	255,68	18,1%	50,4%	49,6%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	167,27	11,9%	62,3%	37,7%
Nº 30	0,595	83,65	5,9%	68,2%	31,8%
Nº 40	0,425	40,35	2,9%	71,1%	28,9%
Nº 50	0,297	56,04	4,0%	75,1%	24,9%
Nº 100	0,106	152,98	10,9%	85,9%	14,1%
Nº 200	0,075	149,47	10,6%	96,5%	3,5%
Pasa 200		48,93	3,5%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	32,29%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	64,23%
Índice Plástico	-	%	Finos	3,47%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	SW

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195273 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.I. 03 de octubre Jr. Tangay Ms. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-3	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-2	Profundidad muestra (m):	0,40-1,50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO	
Determinación No	
Número de Golpes	
Recipiente No.	
P ₁	
P ₂	
P ₃	
P _w	
P _s	
W%	

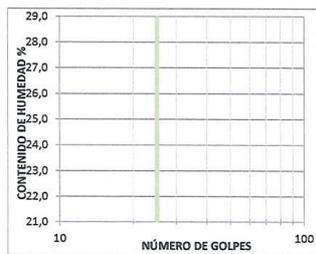
NL

LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Recipiente No.	4	5
P ₁		181,06
P ₂		179,24
P ₃		10,29
P _w		1,82
P _s		168,95
W%		1,08

NP

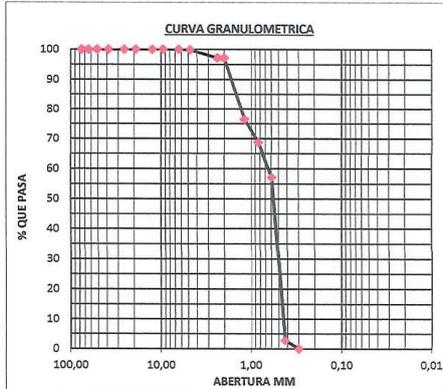
P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g
P_w = Peso del Agua, en g
P_s = Peso Suelo Seco, en g
W = Contenido de agua, en %

P_w = P₁ - P₂
P_s = P₂ - P₃
w = (P_w / P_s) x 100



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750	1,73	0,2%	0,2%	99,8%
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	30,20	2,7%	2,9%	97,1%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	130,35	11,8%	14,7%	85,3%
Nº 30	0,595	97,92	8,9%	23,5%	76,5%
Nº 40	0,425	85,74	7,8%	31,3%	68,7%
Nº 50	0,297	129,22	11,7%	43,0%	57,0%
Nº 100	0,106	427,61	38,7%	81,7%	18,3%
Nº 200	0,075	172,59	15,6%	97,3%	2,7%
Pasa 200		30,15	2,7%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,16%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	97,12%
Índice Plástico	-	%	Finos	2,73%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A-3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.I. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: WJz@22@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-4	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-1	Profundidad muestra (m):	0,30-0,80

LÍMITES DE CONSISTENCIA

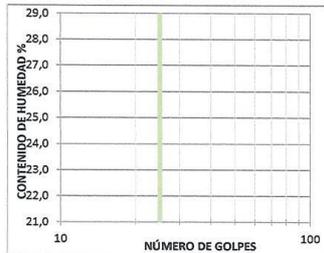
LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

NL

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			146,68
P ₂			143,15
P ₃			12,50
P _w			3,53
P _s			130,65
W%			2,70

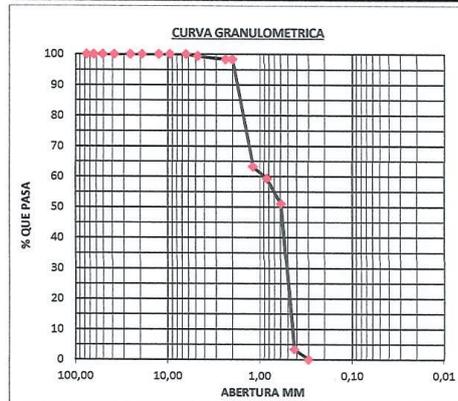
NP

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g P_w = P₁ - P₂
P_w = Peso del Agua, en g P_s = P₂ - P₃
P_s = Peso Suelo Seco, en g w = (P_w / P_s) x 100
W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Fasa
Peso inicial:	1.256,43	[gr]			
Peso final:	1.256,43	[gr]			
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750	7,97	0,6%	0,6%	99,4%
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	13,16	1,0%	1,7%	98,3%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	201,69	16,1%	17,7%	82,3%
Nº 30	0,595	239,37	19,1%	36,8%	63,2%
Nº 40	0,425	48,85	3,9%	40,7%	59,3%
Nº 50	0,297	104,72	8,3%	49,0%	51,0%
Nº 100	0,106	375,89	29,9%	78,9%	21,1%
Nº 200	0,075	222,82	17,7%	96,6%	3,4%
Pasa 200		42,16	3,4%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,63%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	96,01%
Índice Plástico	-	%	Finos	3,36%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A-3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
EIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tanguay Mz. B Lota 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: WJz@22@hotmail.com

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-4	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-2	Profundidad muestra (m):	0.60-1.50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

NL

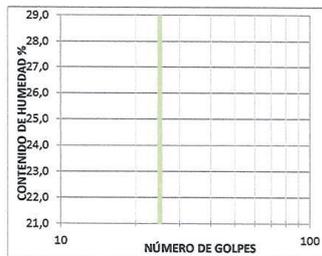
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			160.85
P ₂			142.02
P ₃			11.79
P _w			8.83
P _s			130.23
W%			6.78

NP

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g
P_w = Peso del Agua, en g
P_s = Peso Suelo Seco, en g

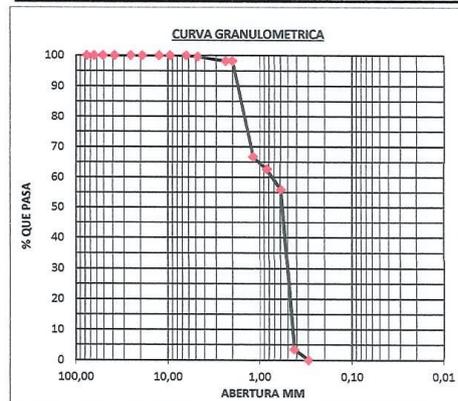
$P_w = P_1 - P_2$
 $P_s = P_2 - P_3$
 $w = (P_w / P_s) \times 100$

W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
Peso inicial:	1.172,38	[gr]			
Peso final:	1.172,38	[gr]			
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750	4,63	0,4%	0,4%	99,6%
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	16,44	1,4%	1,8%	98,2%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	160,86	13,7%	15,5%	84,5%
Nº 30	0,595	208,75	17,8%	33,3%	66,7%
Nº 40	0,425	47,04	4,0%	37,3%	62,7%
Nº 50	0,297	79,33	6,8%	44,1%	55,9%
Nº 100	0,106	410,06	35,0%	79,1%	20,9%
Nº 200	0,075	204,89	17,5%	96,6%	3,4%
Pasa 200		40,38	3,4%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,39%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	96,16%
Índice Plástico	-	%	Finos	3,44%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A-3
U.S.C	SP

G
GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

REGISTRO
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

TESIS	EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH		
TESISTA	DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA		
Ubicación:	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH		
Calicata:	C-5	Fecha :	MAYO DEL 2023
Muestra:	M-1	Profundidad muestra (m):	0,30-1,50

LÍMITES DE CONSISTENCIA

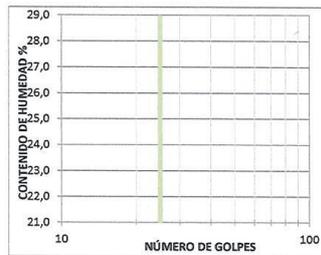
LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P _w			
P _s			
W%			

NL

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.	4	5	6
P ₁			161,56
P ₂			160,60
P ₃			13,04
P _w			0,96
P _s			147,56
W%			0,65

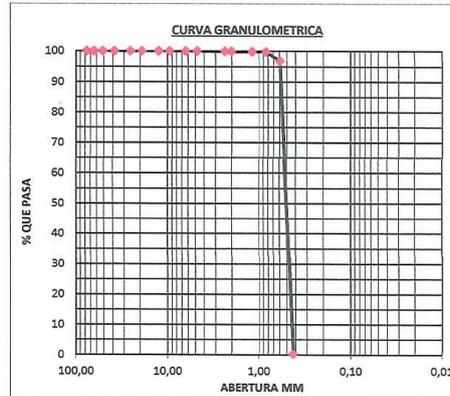
NP

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g
P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g
P₃ = Peso Recipiente, en g P_w = P₁ - P₂
P_w = Peso del Agua, en g P_s = P₂ - P₃
P_s = Peso Suelo Seco, en g w = (P_w / P_s) x 100
W = Contenido de agua, en %



GRADACIÓN

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,20				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050				
1/2"	12,500				
3/8"	9,500				
1/4"	6,350				
Nº 4	4,750				
Nº 8	2,360				
Nº 10	2,000	1,29	0,1%	0,1%	99,9%
Nº 16	1,190				
Nº 20	0,840	0,69	0,1%	0,2%	99,8%
Nº 30	0,595	0,41	0,0%	0,2%	99,8%
Nº 40	0,425	0,89	0,1%	0,3%	99,7%
Nº 50	0,297	34,96	2,9%	3,2%	96,8%
Nº 100	0,106	1.052,54	87,7%	90,9%	9,1%
Nº 200	0,075	106,63	8,9%	99,8%	0,2%
Pasa 200		2,68	0,2%	100,0%	0,0%
Total					



RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	0,00%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	99,78%
Índice Plástico	-	%	Finos	0,22%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 3
U.S.C	SP

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195323 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo

Ensayo Químico

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 375373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

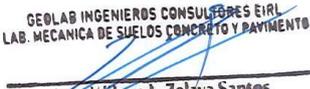
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo

Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C-123796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

(NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS	EFFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH
UBICACIÓN	: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA	: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA	: MAYO DEL 2023
MUESTRA	: PATRON

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

COMPACTACION

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº						
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10955,0	10950,0	11337,0	11539,0	10660,0	10919,0
Peso de molde (g)	6785,0	6785,0	7340,0	7340,0	6810,0	6810,0
Peso del suelo húmedo (g)	4170,0	4165,0	3997,0	4199,0	3850,0	4109,0
Volumen del molde (cm ³)	2120,0	2120,0	2114,9	2114,9	2119,5	2119,5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,967	1,965	1,890	1,985	1,816	1,939
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	133,4	416,50	119,9	419,90	141,8	410,90
Peso suelo seco + tara (g)	122,9	380,73	110,7	365,28	130,9	352,86
Peso de tara (g)	12,7	0,00	13,0	0,00	10,7	0,00
Peso de agua (g)	10,5	35,77	9,2	54,62	11,0	58,04
Peso de suelo seco (g)	110,2	380,73	97,6	365,28	120,2	352,86
Contenido de humedad (%)	9,5	9,40	9,4	14,95	9,1	16,45
Densidad seca (g/cm ³)	1,796	1,796	1,727	1,727	1,665	1,665

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	24,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	48,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	72,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	96,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1						MOLDE Nº 2						MOLDE Nº 3					
		CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%			Dial (div)	kg	kg	%			Dial (div)	kg	kg	%		
0,000		0	0,0					0	0,0					0	0,0				
0,635			123,9					55,4							20,7				
1,270			190,7					116,5							43,7				
1,905			256,5					203,2							73,4				
2,540	70,5		319,4	325,9	23,9			297,6	302,5	22,2				107,5	113,8	8,3			
3,170			390,9					373,1						142,8					
3,810			466,3					450,6						180,1					
5,080	105,7		639,5	585,5	28,6			541,4	506,1	24,7				230,7	214,3	10,5			
7,620			745,0					530,0						282,1					
10,160			845,0					508,2						389,3					

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

FECHA : MAYO DEL 2023

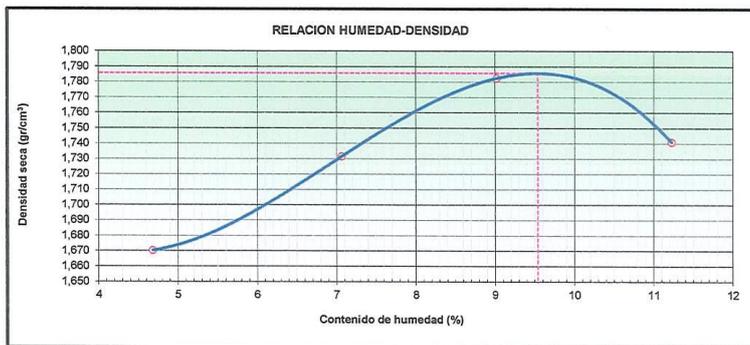
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	6785,0	7015,0	7210,0	7195,0
Peso molde	gr	2970,0	2970,0	2970,0	2970,0
Peso suelo húmedo compactado	gr	3815,0	4045,0	4240,0	4225,0
Volumen del molde	cm ³	2182,0	2182,0	2182,0	2182,0
Peso volumétrico húmedo	gr	1,748	1,854	1,943	1,936
Recipiente Nº		1	2	3	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	137,6	114,2	135,2	117,7
Peso del suelo seco + tara	gr	132,0	107,3	125,1	107,0
Tara	gr	10,8	9,6	13,1	12,1
Peso de agua	gr	5,7	6,9	10,1	10,7
Peso del suelo seco	gr	121,2	97,7	112,0	95,0
Contenido de agua	%	4,68	7,06	9,02	11,23
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,670	1,731	1,782	1,741

Densidad máxima (gr/cm³) 1,786
Humedad óptima (%) 9,5



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

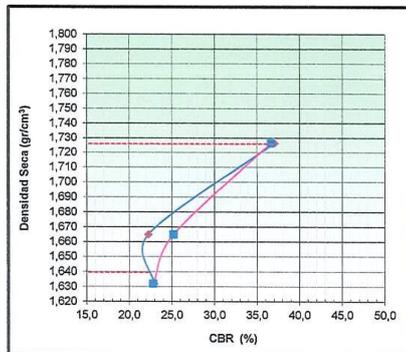
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS : EFECTO EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA : MAYO DEL 2023
DOSIFICACION : ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 1%

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL



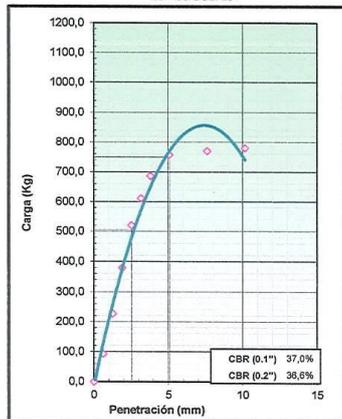
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,726
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8,8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,640

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	36,8	0.2"	36,5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	22,3	0.2"	23,2

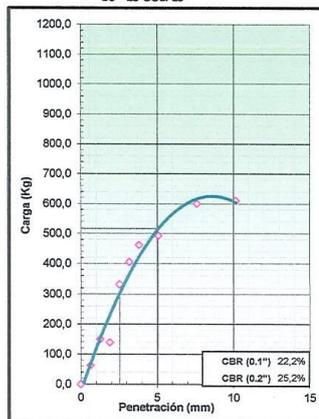
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 36,8 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 22,3 (%)

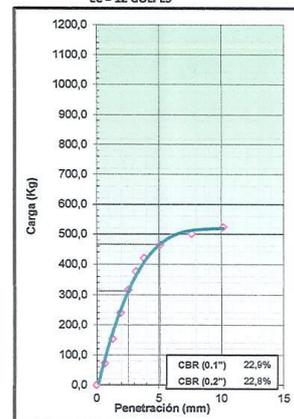
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. N° 3372 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

(NORMA MTC-E-132, ASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS	EFFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH
UBICACIÓN	: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESTISTA	: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA	: MAYO DEL 2023
DOSIFICACION	: ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 1%

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
	5		5		5	
Capas Nº	56		25		12	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10768,0	11010,0	11182,0	11498,0	10584,0	10927,0
Peso de molde (g)	6785,0	6785,0	7340,0	7340,0	6810,0	6810,0
Peso del suelo húmedo (g)	3983,0	4225,0	3842,0	4158,0	3774,0	4117,0
Volumen del molde (cm ³)	2120,0	2120,0	2114,9	2114,9	2119,5	2119,5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,879	1,993	1,817	1,966	1,781	1,942
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	161,4	422,50	132,6	415,80	141,8	411,70
Peso suelo seco + tara (g)	149,3	366,00	122,6	352,11	130,9	345,89
Peso de tara (g)	12,1	0,00	12,9	0,00	10,7	0,00
Peso de agua (g)	12,1	56,50	10,0	63,69	11,0	65,81
Peso de suelo seco (g)	137,2	366,00	109,6	352,11	120,2	345,89
Contenido de humedad (%)	8,8	15,44	9,1	18,09	9,1	19,03
Densidad seca (g/cm ³)	1,726	1,726	1,665	1,665	1,632	1,632

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	24,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	48,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	72,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	96,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000		0	0,0			0	0,0			0	0,0		
0,635			92,3				62,3				72,4		
1,270			227,4				149,7				152,8		
1,905			378,7				138,5				240,2		
2,540	70,5		520,3	505,1	37,0		332,4	303,2	22,2		316,5	312,6	22,9
3,170			611,3				405,7				376,5		
3,810			686,4				462,7				420,8		
5,080	105,7		757,3	749,5	36,6		493,0	515,6	25,2		465,7	466,4	22,8
7,620			770,0				600,6				501,5		
10,160			780,0				610,5				523,3		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC.20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

FECHA : MAYO DEL 2023

DOSIFICACION : ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 1%

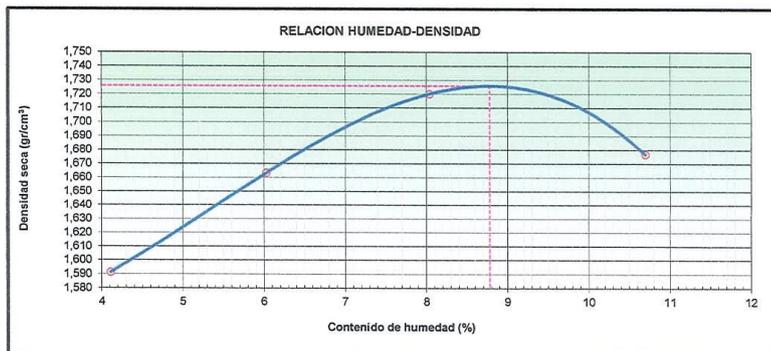
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	6585,0	6818,0	7025,0	7020,0	
Peso molde	gr	2970,0	2970,0	2970,0	2970,0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3615,0	3848,0	4055,0	4050,0	
Volumen del molde	cm ³	2182,0	2182,0	2182,0	2182,0	
Peso volumétrico húmedo	gr	1,657	1,764	1,858	1,856	
Recipiente N°		1	2	3	3	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	154,3	164,7	168,5	122,3	
Peso del suelo seco + tara	gr	148,7	156,2	157,0	111,8	
Tara	gr	12,4	13,6	12,8	14,1	
Peso de agua	gr	5,6	8,6	11,6	10,5	
Peso del suelo seco	gr	136,3	142,5	144,2	97,7	
Contenido de agua	%	4,11	6,03	8,04	10,70	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,591	1,663	1,720	1,677	

Densidad máxima (gr/cm³) : 1,726
Humedad óptima (%) : 8,8



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6, PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze622@hotmail.com

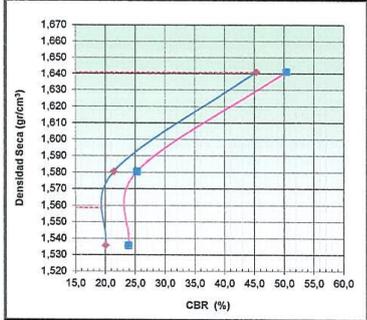
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS : EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA : MAYO DEL 2023
DOSIFICACION : ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 3%

DATOS DE LA MUESTRA

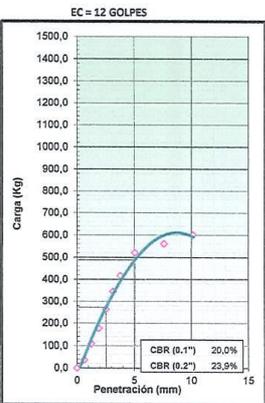
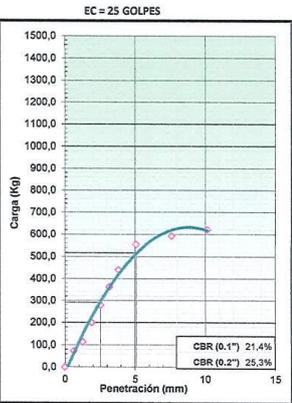
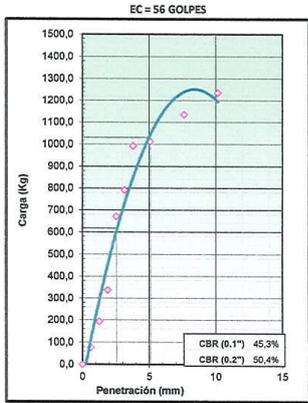
MUESTRA : TERRENO NATURAL



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,641
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8,3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,559

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	45,3	0.2":	50,7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	19,3	0.2":	23,4

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 45,3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 19,3 (%)



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

(NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS	EFEECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH
UBICACIÓN	: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA	: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA	: MAYO DEL 2023
DOSIFICACION	: ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 3%

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

COMPACTACION

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº						
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10552,0	10864,0	10967,0	11279,0	10342,0	10773,0
Peso de molde (g)	6785,0	6785,0	7340,0	7340,0	6810,0	6810,0
Peso del suelo húmedo (g)	3767,0	4079,0	3627,0	3939,0	3532,0	3963,0
Volumen del molde (cm ³)	2120,0	2120,0	2114,9	2114,9	2119,5	2119,5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,777	1,924	1,715	1,862	1,666	1,870
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	148,7	407,90	113,3	393,90	141,6	396,30
Peso suelo seco + tara (g)	138,3	347,93	105,4	334,23	131,7	325,48
Peso de tara (g)	12,7	0,00	12,4	0,00	15,2	0,00
Peso de agua (g)	10,4	59,97	7,9	59,67	9,9	70,82
Peso de suelo seco (g)	125,7	347,93	93,0	334,23	116,5	325,48
Contenido de humedad (%)	8,3	17,24	8,5	17,85	8,5	21,76
Densidad seca (g/cm ³)	1,641	1,641	1,580	1,580	1,536	1,536

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	24,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	48,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	72,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	96,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000		0	0,0			0	0,0			0	0,0		
0,635			77,3				72,8				37,0		
1,270			193,8				112,3				109,2		
1,905			338,1				199,5				178,8		
2,540	70,5		671,2	618,2	45,3		278,3	291,6	21,4		264,2	273,2	20,0
3,170			791,5				362,6				345,7		
3,810			993,2				439,8				417,5		
5,080	105,7		1012,8	1030,5	50,4		554,7	517,0	25,3		521,2	488,6	23,9
7,620			1135,5				592,1				560,9		
10,160			1236,1				620,9				601,3		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS	EFFECTO EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-ANCASH
UBICACION	: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA	: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA	: MAYO DEL 2023
DOSIFICACION	: ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 3%

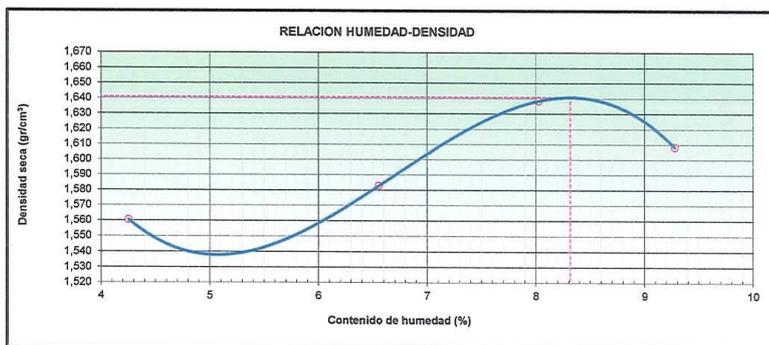
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

METODO DE COMPACTACION : C

	gr	6520,0	6650,0	6832,0	6805,0
Peso suelo + molde	gr	2970,0	2970,0	2970,0	2970,0
Peso molde	gr	3550,0	3680,0	3862,0	3835,0
Peso suelo húmedo compactado	gr	cm ³	2182,0	2182,0	2182,0
Volumen del molde	cm ³	1,627	1,687	1,770	1,758
Peso volumétrico húmedo	gr	1	2	3	3
Recipiente Nº		142,8	172,1	172,6	167,2
Peso del suelo húmedo+tara	gr	137,5	162,3	160,8	154,2
Peso del suelo seco + tara	gr	12,9	12,5	13,8	14,1
Tara	gr	5,3	9,8	11,8	13,0
Peso de agua	gr	124,6	149,8	147,0	140,1
Peso del suelo seco	gr	%	4,25	6,56	8,03
Contenido de agua	%	1,561	1,583	1,638	1,608
Peso volumétrico seco	gr/cm ³				

Densidad máxima (gr/cm³) : 1,641
Humedad óptima (%) : 8,3



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

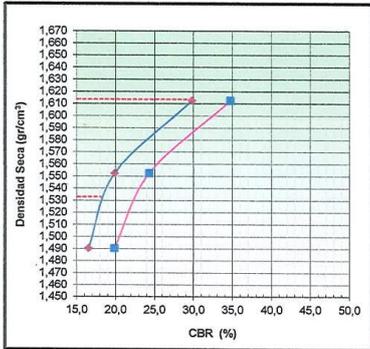
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE-
UBICACIÓN ANCASH
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA : MAYO DEL 2023
DOSIFICACION : ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 6%

DATOS DE LA MUESTRA

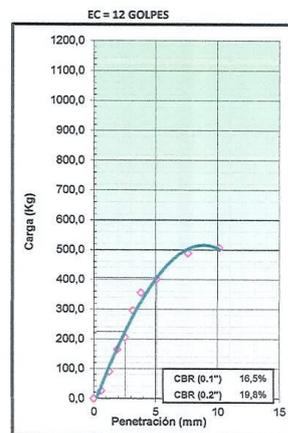
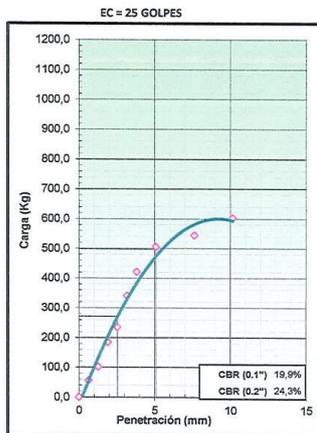
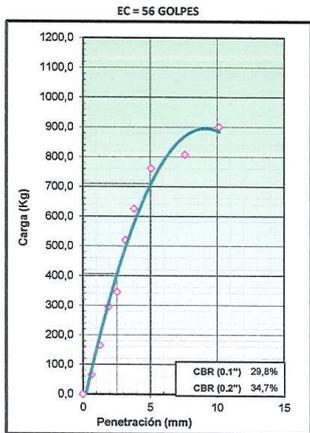
MUESTRA : TERRENO NATURAL



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,613
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7,4
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,533

	0.1"	0.2"
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	30,1	34,9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	18,1	22,2

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 30,1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 18,1 (%)



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
 CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

(NORMA MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS	EFFECTO EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH
UBICACION	: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH
TESISTA	: DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
FECHA	: MAYO DEL 2023
DOSIFICACION	: ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 6%

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10457,0	10520,0	10865,0	10950,0	10198,0	10285,0
Peso de molde (g)	6785,0	6785,0	7340,0	7340,0	6810,0	6810,0
Peso del suelo húmedo (g)	3672,0	3735,0	3525,0	3610,0	3388,0	3475,0
Volumen del molde (cm ³)	2120,0	2120,0	2114,9	2114,9	2119,5	2119,5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,732	1,762	1,667	1,707	1,598	1,640
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	195,6	373,50	175,8	361,00	198,3	347,50
Peso suelo seco + tara (g)	183,7	341,85	164,6	328,34	185,9	315,85
Peso de tara (g)	23,2	0,00	12,4	0,00	15,2	0,00
Peso de agua (g)	11,9	31,65	11,2	32,66	12,4	31,65
Peso de suelo seco (g)	160,5	341,85	152,2	328,34	170,7	315,85
Contenido de humedad (%)	7,4	9,26	7,4	9,95	7,3	10,02
Densidad seca (g/cm ³)	1,613	1,613	1,552	1,552	1,490	1,490

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	24,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	48,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	72,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	96,00		0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000		0	0,0			0	0,0			0	0,0		
0,635			65,0				56,2				26,3		
1,270			165,2				101,4				89,5		
1,905			295,6				185,2				165,2		
2,540	70,5		344,5	406,2	29,8		235,9	271,3	19,9		205,9	225,4	16,5
3,175			520,1				341,7				295,6		
3,810			625,8				421,6				355,6		
5,080	105,7		761,4	710,5	34,7		505,9	498,0	24,3		401,1	405,8	19,8
7,620			808,5				544,7				488,5		
10,160			901,0				602,5				506,5		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195273 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS EFECTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE CON EL USO DE PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO BELLO SUR, NUEVO CHIMBOTE- ANCASH

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

TESISTA : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA

FECHA : MAYO DEL 2023

DOSIFICACION : ARENA MAL GRADUADA (TERRENO DE FUNDACION) + PET 6%

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TERRENO NATURAL

METODO DE COMPACTACION : C

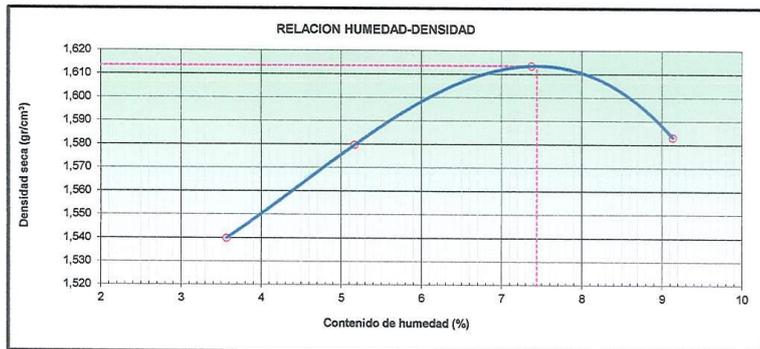
Peso suelo + molde	gr	6450,0	6595,0	6750,0	6740,0
Peso molde	gr	2970,0	2970,0	2970,0	2970,0
Peso suelo húmedo compactado	gr	3480,0	3625,0	3780,0	3770,0
Volumen del molde	cm ³	2182,0	2182,0	2182,0	2182,0
Peso volumétrico húmedo	gr	1,595	1,661	1,732	1,728
Recipiente N°		1	2	3	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	195,6	167,2	178,2	185,6
Peso del suelo seco + tara	gr	189,3	159,6	166,9	171,1
Tara	gr	12,7	12,5	12,9	12,4
Peso de agua	gr	6,3	7,6	11,4	14,5
Peso del suelo seco	gr	176,6	147,1	154,0	158,7
Contenido de agua	%	3,57	5,17	7,37	9,14
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,540	1,580	1,613	1,583

Densidad máxima (gr/cm³)

1,613

Humedad óptima (%)

7,4



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Anexo Panel Fotográfico

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Sandoval
CIP. 415373 - CONSULTOR C - MEXICO
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y TOPOGRAFIA

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA TESIS-2023/GIC/PISTA BELLO SUR

PANEL FOTOGRAFICO



Foto N°01.- En la toma apreciamos la vista panorámica del lugar donde se excavo la Calicata C-01.



Foto N°02.- Podemos observar la profundidad de la Calicata C-02

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195273 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



Foto N°03.- Apreciamos en detalle la vista frontal de la Calicata C-03



Foto N°04.- observamos una vista general del lugar donde se excavo la Calicata C-04

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



Foto N°05.- Apreciamos la vista general del lugar donde se excavo la Calicata C-05

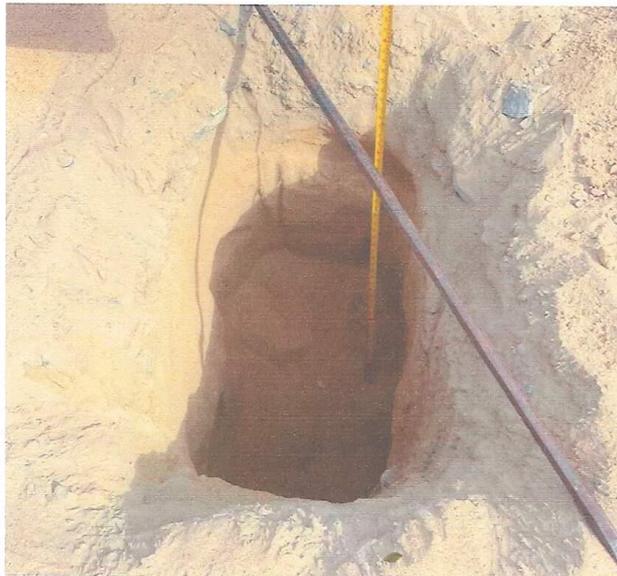


Foto N°06.- Se puede observar una vista detallada de la calicata

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195273 - CONSULTOR C. - 127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ANEXO N° 5

“NORMA MTC”

**NORMA MTC E 107 - ASTM D
6913 “ANALISIS
GRANULOMÉTRICO DE SUELO
POR TAMIZADO”**



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016



MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
¾"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 ½"	38,100
¾"	19,000
¾"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

5.0 MUESTRA

5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral **4.1.1**.

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.
- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.
- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.

6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones [6.1.2](#) y [6.1.3](#).

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire
W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.

Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- f) Errores en las pesadas y en los cálculos.

**NORMA MTC E 108 - ASTM D
2216 “ENSAYO DE HUMEDAD
NATURAL DEL SUELO”**

MTC E 108

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.
- Nota 2.** Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.
- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

MTC E 108

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

5.0 MUESTRA

5.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.

5.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ESPECIMEN DEL ENSAYO

6.1.1 Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.

6.1.2 La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño 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%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

6.1.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.

6.1.4 Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.

6.1.5 Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.

6.2 SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO

6.2.1 Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).

6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):

- a) Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
- b) Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- c) Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.

6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.

- a) Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
- b) Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota 4. El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

6.3 PROCEDIMIENTO

6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.

6.3.3 Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Nota 5. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

Nota 6. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

6.3.4 Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

Nota 7. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

Nota 8. Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

6.3.5 Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 6.3.3 de este ensayo. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Nota 9. Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1. CALCULOS

7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso-de-agua}}{\text{Peso-de-suelo-secado-al-horno}} \xi 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \xi 100 = \frac{M_w}{M_s} \xi 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- M_c = es el peso del contenedor, en gramos
- M_w = es el peso del agua, en gramos
- M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

7.3 INFORME

7.3.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- b) El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % ó al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- c) Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en 6.1.2 de este ensayo.
- d) Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- e) Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- f) Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1** Repetibilidad: El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2,7 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7,8 % de su media.
- 8.2** Reproducibilidad: El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5,0 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberán ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14,0 % de su media.

**NORMA MTC 110 & 111 - ASTM
D 4318 “LÍMITES DE
ATTEBERG”**

MTC E 110

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

1.0 OBJETO

- 1.1** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2** El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1** Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2** Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad
- 2.3** Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.
- 2.4** El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1** NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1** Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- 4.1.3** Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4** Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.

- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES**
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS**
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.
- 5.0 MUESTRA**
- 5.1** Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425 \mu\text{m}$ (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.
- 6.0 PROCEDIMIENTO**
- Multipunto**
- 6.1** Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

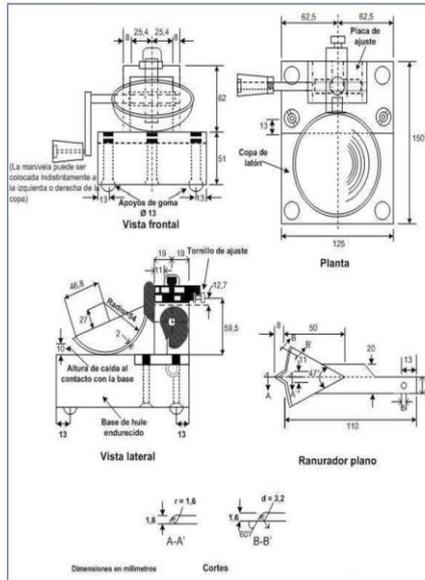


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).

Nota 1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con

la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizo en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad, W^n , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

7.0 CALCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W^n , y el número de golpes correspondientes, N, de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- W^n = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla A.1

Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

MTC E 111

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

1.0 OBJETO

- 1.1** Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1** Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2** Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3** Los plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1** NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426 µm (Nº 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

5.0 MUESTRA

- 5.1** Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 µm (Nº 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2** El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3** Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado

en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1** Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- 6.2** Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

- 6.3** Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E108.
- 6.4** Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

- L.L. = Límite Líquido
- L.P. = Límite Plástico
- L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

**NORMA MTC E 115 - ASTM D
1557 “ENSAYO DE
COMPACTACIÓN (PROCTOR
MODIFICADO)”**

MTC E 115

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

1.0 OBJETO

- 1.1** Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1** Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón 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/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2** Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3** Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)

- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

- 2.3.1.3 Número de capas: 5

- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25

- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.

- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).

- 2.3.2.3 Número de Capas: 5

- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25

- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).

2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

2.3.3 **METODO "C"**

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4. Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = M \cdot a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pté³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco máximo ($P_{dmáx}$) mediante un ensayo de

compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($f_{dm\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($f_{dm\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm (4,000 ± 0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm³ (0,0333 ± 0,0005 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 2 124 ± 25 cm³ (0,075 ± 0,0009 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80 ± 0,13 mm (2,000 ± 0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800 ± 0,25 mm (2,000 ± 0,01 pulg).

Nota 5. Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0 ± 1,6 mm

($\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber 2,5 \pm 0,8 mm (0,10 \pm 0,03 pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a 73,7 \pm 0,5mm (2,90 \pm 0,02 pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 \pm 5 °C a través de la cámara desecado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de \pm 0,1 mm (\pm 0,005 pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

- 6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.
- a) Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
 - b) Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
 - c) Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
 - d) Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.
- 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO
- 6.2.1 SUELOS
- 6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.
- 6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).
- 6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.
- 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)
- 6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- 6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.
- Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.
- 6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).

Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido de agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

- 6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.
- 6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.
- 6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.
- 6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:
- 6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.
- 6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.
- 6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.
- 6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

Nota 7. Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.

- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación $0,2 \text{ kN/m}^3$ ($0,1 \text{ lbf/pt}^3$) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

Nota 8. La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

Nota 9. La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

7.1.3 Contenido de Agua, w .- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \Xi \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

- ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m^3)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m^3) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + w} \quad (2)$$

Donde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m^3)
- w = contenido de agua (%)

$$\rho_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/ft}^3 \quad (3)$$

$$\rho_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Donde:

- ρ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(v_w)(G_s) - v_d}{(v_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- v_w = Peso unitario del agua $9,807 \text{ kN/m}^3$ ó $(62,43 \text{ lbf/ft}^3)$.
- ρ_d = Peso unitario seco del suelo.
- G_s = Gravedad específica del suelo.

Nota 10. La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

7.2 INFORME

7.2.1 Reportar la siguiente información:

7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).

7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.

7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.

- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a $0,5 \text{ lbf/pie}^3$.
- 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 339.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Especifica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), Pc en %.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.**- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2 CONFIABILIDAD.**- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

ANEXO

(INFORMACION OBLIGATORIA)

A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION

A1.1. OBJETIVO

- A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.
- A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

A1.2. APARATOS

- A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:
 - A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).
 - A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).
 - A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm² por 6 mm (8 pulg² por 1/4 pulg).
 - A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.
 - A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.
 - A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

A1.3. PRECAUCIONES

- A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

- A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.
- A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).
- A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.
- A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.
- A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.
- A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).
- A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.
- A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.

- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
- A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
- A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\bar{n})(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (\text{A.1.a})$$

$$V = \frac{(\bar{n})(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (\text{A.1.b})$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm³, (pie³)
 H = Promedio de altura, mm, (pulg).
 dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
 db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
 1/1728 = Constante para convertir pulg³ a pie³
 1/103 = Constante para convertir mm³ a cm³

- A1.5. Comparación de Resultados
- A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
- A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
- A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
- A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
- A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

Tabla 1
Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16

Tabla 2
Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ¾	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ¾	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	208,60

pie ³	cm ³
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

Tabla A.1.1
Densidad del Agua

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681



Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

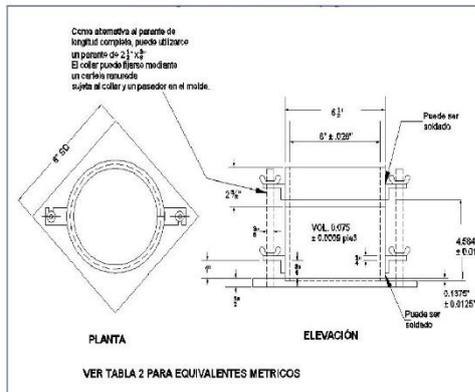


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

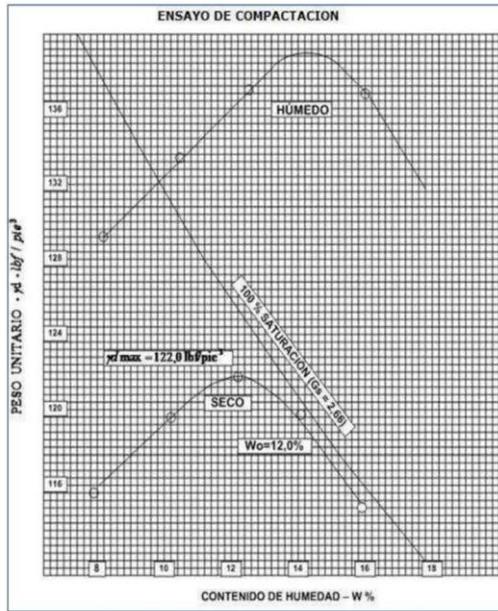


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación

**NORMA MTC E 132 - ASTM D
1883 “CBR EN SUELOS
(LABORATORIO)”**

MTC E 132
CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

1.0 OBJETO

- 1.1** Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1** Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2** Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3** Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4** Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5** Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6** Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1** ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1** Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.
- El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- 4.1.2** Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

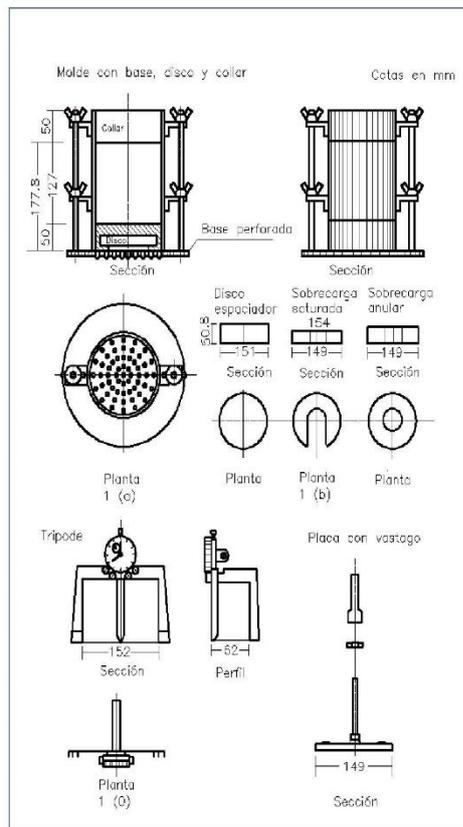


Figura 1.

4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm (1,954 \pm 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de ¾ de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un periodo de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que

se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un periodo de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del periodo de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el periodo de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

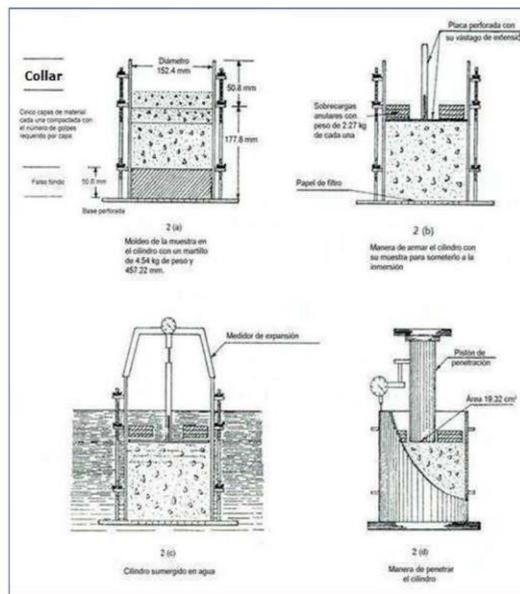


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, lívese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria (7,0" ± 0,16") si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada
- h = Humedad natural

- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

- L_1 = Lectura inicial en mm.
 L_2 = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- b) De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

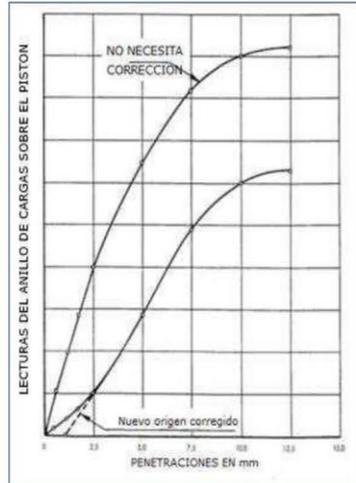


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

ANEXO N° 6
“INFORME DE ENSAYO
QUIMICO DEL PET
RECICLADO”

**INFORME DE ENSAYO
IE-2023-0361**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : DIEGO BRAYAN SOTO MEDINA
1.2 RUC o DNI : 72709810
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : POLÍMEROS Y PLÁSTICOS
2.2 Muestreado por : CLIENTE (*)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2023-05-10
2.5 Periodo de Ensayo : 2023-05-11 al 2023-05-17
2.6 Fecha de Emisión : 2023-05-17

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Caracterización de materiales por Análisis de Espectroscopía Infrarroja FTIR-ATR	ASTM E1252 Práctica estándar para técnicas generales de obtención de espectros infrarrojos para análisis cualitativo
Densidad	ASTM D1505 Método de prueba estándar para la densidad de plásticos mediante la técnica de gradiente de densidad
Absorción de agua	ASTM D570 Método de prueba estándar para la determinación de absorción de agua en plásticos
Dureza Shore	NTP 311.253:1982 (revisada el 2020) PLÁSTICOS. Determinación de la dureza. Método Shore. 1ª Edición
Resistencia a la Tracción y elongación	ASTM D882 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de láminas de plástico delgadas
Etilenglicol, mg/kg (Simulante A)	NTP 399.163-13:2021 ENVASES Y ACCESORIOS PLÁSTICOS EN CONTACTO CON ALIMENTOS. Parte 13: Determinación de etilenglicol y dietilenglicol en simulantes de alimentos.
Ac. Tereftálico, mg/kg (Simulante A)	NTP 399.163-12:2015 ENVASES Y ACCESORIOS PLÁSTICOS EN CONTACTO CON ALIMENTOS. Parte 12: Determinación del ácido tereftálico en simulantes de alimentos



KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS

Descripción de Muestra: POLÍMEROS Y PLÁSTICOS
(BOTELLAS PLÁSTICAS) (6)

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR

4.1.1. RESULTADOS DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR (CUERPO DE BOTELLA)

- Equipo Utilizado: Espectrofotómetro Infrarrojo -Perkin Elmer
- Software: Perkin Elmer Spectrum 10
- Rango de Prueba: Intervalo de número de onda 380 cm-1a 4000 cm-1

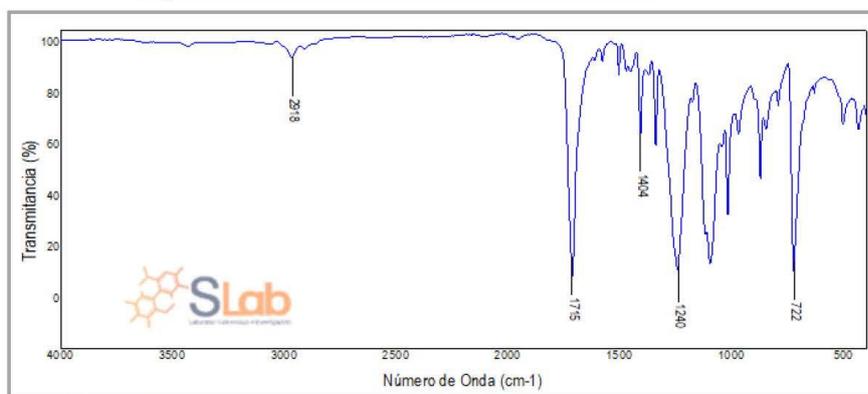


IMAGEN N°1: BARRIDO ESPECTRAL FTIR DE LA MUESTRA S-0896

Tabla N°1: IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES DEL FTIR DE LA MUESTRA S-0896

Tipo de Vibración	Grupo funcional	Rango Teórico (cm ⁻¹)	Resultado experimental (cm ⁻¹)
Estiramiento asimétrico	"-CH-"	2950-2800	2918
Estiramiento simétrico	"-C=O"	1760-1680	1715
Banda de vibración + Anillo Aromático	"-CCO-"	1270-1210	1240
Banda de vibración de balanceo	"-CH2-"	740-700	722

Comentario:

- Los resultados de la caracterización por FTIR de la muestra S-0896, perteneciente a la parte del cuerpo de las botellas, existe la presencia de picos pertenecientes al enlace C-H, C=O y la estructura de anillos C=C-C, Por lo tanto, estos grupos funcionales encontrados demuestran que el material analizado es en su mayoría un polímero a base de Poliéster.
- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0361

4.1.2. RESULTADOS DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR (TAPA DE BOTELLA)

- Equipo Utilizado: Espectrofotómetro Infrarrojo -Perkin Elmer
- Software: Perkin Elmer Spectrum 10
- Rango de Prueba: Intervalo de número de onda 380 cm-1a 4000 cm-1

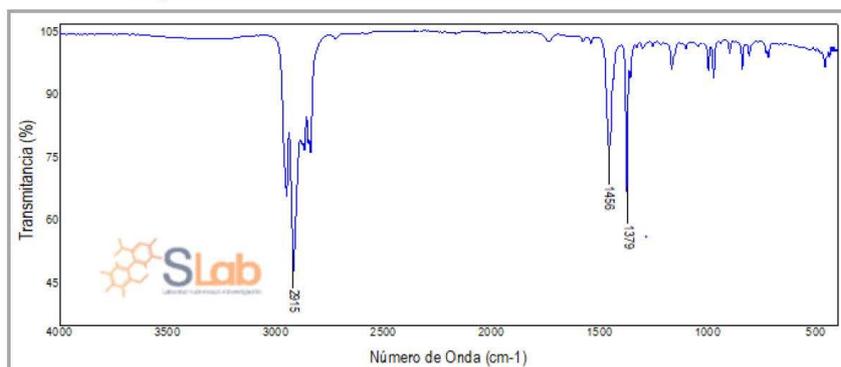


IMAGEN N°2: BARRIDO ESPECTRAL FTIR DE LA MUESTRA S-0896

Tabla N°2: IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES DEL FTIR DE LA MUESTRA S-0896

Tipo de Vibración	Grupo funcional	Rango Teórico (cm-)	Resultado experimental (cm-1)
Estiramiento asimétrico	"-CH-"	2950-2800	2915
Banda de vibración de deformación	"-CH2-"	1480-1420	1456
Banda de vibración de deformación	"-CH3"	1470-1350	1379

Comentario:

- Los resultados de la caracterización por FTIR de la muestra S-0896, perteneciente a la parte de la tapa de las botellas, existe la presencia de picos pertenecientes a la forma de enlace C-H, Por lo tanto, estos grupos funcionales y la forma de la gráfica encontrados demuestran que el material analizado es la su mayoría un polímero a base de Polipropileno.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0361

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE ANÁLISIS DE INOCUIDAD

Tabla N°3: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LC	Resultados
S-0896	Etilinglicol	mg/Kg	3.00	<3.00
	Ácido Tereftálico	mg/Kg	0.20	<0.20

LC: Límite de cuantificación

(*) Simulante A: Etanol al 10% - Condiciones de Ensayo: 40°C a 10 días

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN Y FÍSICOS

4.3.1. RESULTADOS DE DENSIDAD

- Método de referencia: ASTM D1505 Método de prueba estándar para la densidad de plásticos mediante la técnica de gradiente de densidad.
- Equipo utilizado: Densímetro

Tabla N°4: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Densidad (Kg/m ³)					Promedio (Kg/m ³)
S-0896	1391.24	1388.57	1405.92	1385.59	1396.89	1393.64

4.3.2. RESULTADOS DE DUREZA SHORE

- Método de referencia: ASTM D2240 – "NTP 311.253:1982 (revisada el 2020) PLÁSTICOS. Determinación de la dureza. Método Shore. 1ª Edición.
- Equipo utilizado: Durómetro Shore.

Tabla N°5: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Dureza Shore (HA)					Promedio (HA)
S-0896	60.20	58.50	66.00	61.40	59.47	61.11

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra como se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4.3.3. RESULTADOS DE ABSORCIÓN DE AGUA

- Método de referencia: ASTM D570 Método de prueba estándar para la determinación de absorción de agua en plásticos
- Equipo utilizado: Estufa - Balanza.

Tabla N°6: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Absorción de Agua, %					Promedio (%)
S-0896	0.47	0.51	0.46	0.45	0.48	0.47

4.3.4. RESULTADOS DE (RESISTENCIA A LA TRACCIÓN y ELONGACIÓN)

- Método utilizado: ASTM D882 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de láminas de plástico delgadas.
- Equipo Usado: Equipo de Tracción Universal - Onmitest 25 KN

Tabla N°7: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Muestra	Elongación de Ruptura (%)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (N/mm ²)
S-0896	1	47.00	164.16	164.16
	2	47.73	161.28	161.28
	3	43.69	158.61	158.61
	4	44.43	162.56	162.56
	5	43.77	170.46	170.46
	Promedio	45.32	163.42	163.42

Nota: Velocidad de Ensayo: 500 mm/min. - Tamaño de Probeta: 10 mm x 50 mm

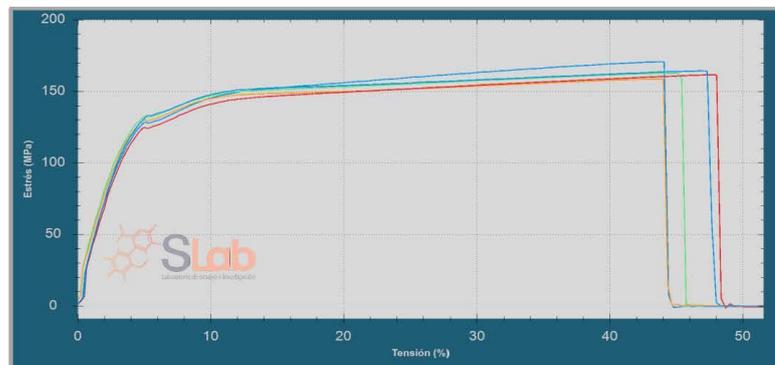


Imagen N°3: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.



Imagen N°4: IMÁGENES DE ANÁLISIS REALIZADO (S-0896)

(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

Laboratorio de ensayo e investigación

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

ANEXO 7

“NORMA ASTM”

“NORMA ASTM D638”

NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information.



Designation: D 638 – 00

An American National Standard

Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics¹

This standard is issued under the fixed designation D 638; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 This test method covers the determination of the tensile properties of unreinforced and reinforced plastics in the form of standard dumbbell-shaped test specimens when tested under defined conditions of pretreatment, temperature, humidity, and testing machine speed.

1.2 This test method can be used for testing materials of any thickness up to 14 mm (0.55 in.). However, for testing specimens in the form of thin sheeting, including film less than 1.0 mm (0.04 in.) in thickness, Test Methods D 882 is the preferred test method. Materials with a thickness greater than 14 mm (0.55 in.) must be reduced by machining.

1.3 This test method includes the option of determining Poisson's ratio at room temperature.

NOTE 1—This test method and ISO 527-1 are technically equivalent.
NOTE 2—This test method is not intended to cover precise physical procedures. It is recognized that the constant rate of crosshead movement type of test leaves much to be desired from a theoretical standpoint, that wide differences may exist between rate of crosshead movement and rate of strain between gage marks on the specimen, and that the testing speeds specified disguise important effects characteristic of materials in the plastic state. Further, it is realized that variations in the thicknesses of test specimens, which are permitted by these procedures, produce variations in the surface-volume ratios of such specimens, and that these variations may influence the test results. Hence, where directly comparable results are desired, all samples should be of equal thickness. Special additional tests should be used where more precise physical data are needed.

NOTE 3—This test method may be used for testing phenolic molded resin or laminated materials. However, where these materials are used as electrical insulation, such materials should be tested in accordance with Test Methods D 229 and Test Method D 651.

NOTE 4—For tensile properties of resin-matrix composites reinforced with oriented continuous or discontinuous high modulus >20 -GPa ($>3.0 \times 10^6$ -psi) fibers, tests shall be made in accordance with Test Method D 3039/D 3039M.

1.4 Test data obtained by this test method are relevant and appropriate for use in engineering design.

1.5 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.6 *This standard does not purport to address all of the*

safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 229 Test Methods for Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation²
- D 412 Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension³
- D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing⁴
- D 651 Test Method for Tensile Strength of Molded Electrical Insulating Materials⁵
- D 882 Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Specimens⁴
- D 883 Terminology Relating to Plastics⁴
- D 1822 Test Method for Tensile-Impact Energy to Break Plastics and Electrical Insulating Materials⁴
- D 3039/D 3039M Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials⁶
- D 4000 Classification System for Specifying Plastic Materials⁷
- D 4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials⁷
- D 5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastic Specimens⁸
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁹
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems⁹
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature⁹
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method¹⁰

2.2 ISO Standard:

- ² Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.01.
- ³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.01.
- ⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.
- ⁵ Discontinued; see 1994 Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.01.
- ⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.
- ⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.
- ⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.03.
- ⁹ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.
- ¹⁰ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D 20.10 on Mechanical Properties. Current edition approved Dec. 10, 2000. Published February 2001. Originally published as D 638 – 41 T. Last previous edition D 638 – 99.

ISO 527-1 Determination of Tensile Properties¹¹

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Definitions of terms applying to this test method appear in Terminology D 883 and Annex A2.

4. Significance and Use

4.1 This test method is designed to produce tensile property data for the control and specification of plastic materials. These data are also useful for qualitative characterization and for research and development. For many materials, there may be a specification that requires the use of this test method, but with some procedural modifications that take precedence when adhering to the specification. Therefore, it is advisable to refer to that material specification before using this test method. Table 1 in Classification D 4000 lists the ASTM materials standards that currently exist.

4.2 Tensile properties may vary with specimen preparation and with speed and environment of testing. Consequently, where precise comparative results are desired, these factors must be carefully controlled.

4.2.1 It is realized that a material cannot be tested without also testing the method of preparation of that material. Hence, when comparative tests of materials per se are desired, the greatest care must be exercised to ensure that all samples are prepared in exactly the same way, unless the test is to include the effects of sample preparation. Similarly, for referee purposes or comparisons within any given series of specimens, care must be taken to secure the maximum degree of uniformity in details of preparation, treatment, and handling.

4.3 Tensile properties may provide useful data for plastics engineering design purposes. However, because of the high degree of sensitivity exhibited by many plastics to rate of straining and environmental conditions, data obtained by this test method cannot be considered valid for applications involving load-time scales or environments widely different from those of this test method. In cases of such dissimilarity, no reliable estimation of the limit of usefulness can be made for most plastics. This sensitivity to rate of straining and environment necessitates testing over a broad load-time scale (including impact and creep) and range of environmental conditions if tensile properties are to suffice for engineering design purposes.

NOTE 5—Since the existence of a true elastic limit in plastics (as in many other organic materials and in many metals) is debatable, the propriety of applying the term “elastic modulus” in its quoted, generally accepted definition to describe the “stiffness” or “rigidity” of a plastic has been seriously questioned. The exact stress-strain characteristics of plastic materials are highly dependent on such factors as rate of application of stress, temperature, previous history of specimen, etc. However, stress-strain curves for plastics, determined as described in this test method, almost always show a linear region at low stresses, and a straight line drawn tangent to this portion of the curve permits calculation of an elastic modulus of the usually defined type. Such a constant is useful if its arbitrary nature and dependence on time, temperature, and similar factors are realized.

¹¹ Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

4.4 *Poisson's Ratio*—When uniaxial tensile force is applied to a solid, the solid stretches in the direction of the applied force (axially), but it also contracts in both dimensions lateral to the applied force. If the solid is homogeneous and isotropic, and the material remains elastic under the action of the applied force, the lateral strain bears a constant relationship to the axial strain. This constant, called Poisson's ratio, is defined as the negative ratio of the transverse (negative) to axial strain under uniaxial stress.

4.4.1 Poisson's ratio is used for the design of structures in which all dimensional changes resulting from the application of force need to be taken into account and in the application of the generalized theory of elasticity to structural analysis.

NOTE 6—The accuracy of the determination of Poisson's ratio is usually limited by the accuracy of the transverse strain measurements because the percentage errors in these measurements are usually greater than in the axial strain measurements. Since a ratio rather than an absolute quantity is measured, it is only necessary to know accurately the relative value of the calibration factors of the extensometers. Also, in general, the value of the applied loads need not be known accurately.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—A testing machine of the constant-rate-of-crosshead-movement type and comprising essentially the following:

5.1.1 *Fixed Member*—A fixed or essentially stationary member carrying one grip.

5.1.2 *Movable Member*—A movable member carrying a second grip.

5.1.3 *Grips*—Grips for holding the test specimen between the fixed member and the movable member of the testing machine can be either the fixed or self-aligning type.

5.1.3.1 Fixed grips are rigidly attached to the fixed and movable members of the testing machine. When this type of grip is used extreme care should be taken to ensure that the test specimen is inserted and clamped so that the long axis of the test specimen coincides with the direction of pull through the center line of the grip assembly.

5.1.3.2 Self-aligning grips are attached to the fixed and movable members of the testing machine in such a manner that they will move freely into alignment as soon as any load is applied so that the long axis of the test specimen will coincide with the direction of the applied pull through the center line of the grip assembly. The specimens should be aligned as perfectly as possible with the direction of pull so that no rotary motion that may induce slippage will occur in the grips; there is a limit to the amount of misalignment self-aligning grips will accommodate.

5.1.3.3 The test specimen shall be held in such a way that slippage relative to the grips is prevented insofar as possible. Grip surfaces that are deeply scored or serrated with a pattern similar to those of a coarse single-cut file, serrations about 2.4 mm (0.09 in.) apart and about 1.6 mm (0.06 in.) deep, have been found satisfactory for most thermoplastics. Finer serrations have been found to be more satisfactory for harder plastics, such as the thermosetting materials. The serrations should be kept clean and sharp. Breaking in the grips may occur at times, even when deep serrations or abraded specimen surfaces are used; other techniques must be used in these cases.

Other techniques that have been found useful, particularly with smooth-faced grips, are abrading that portion of the surface of the specimen that will be in the grips, and interposing thin pieces of abrasive cloth, abrasive paper, or plastic, or rubber-coated fabric, commonly called hospital sheeting, between the specimen and the grip surface. No. 80 double-sided abrasive paper has been found effective in many cases. An open-mesh fabric, in which the threads are coated with abrasive, has also been effective. Reducing the cross-sectional area of the specimen may also be effective. The use of special types of grips is sometimes necessary to eliminate slippage and breakage in the grips.

5.1.4 *Drive Mechanism*—A drive mechanism for imparting to the movable member a uniform, controlled velocity with respect to the stationary member, with this velocity to be regulated as specified in Section 8.

5.1.5 *Load Indicator*—A suitable load-indicating mechanism capable of showing the total tensile load carried by the test specimen when held by the grips. This mechanism shall be essentially free of inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy of $\pm 1\%$ of the indicated value, or better. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

NOTE 7—Experience has shown that many testing machines now in use are incapable of maintaining accuracy for as long as the periods between inspection recommended in Practices E 4. Hence, it is recommended that each machine be studied individually and verified as often as may be found necessary. It frequently will be necessary to perform this function daily.

5.1.6 The fixed member, movable member, drive mechanism, and grips shall be constructed of such materials and in such proportions that the total elastic longitudinal strain of the system constituted by these parts does not exceed 1% of the total longitudinal strain between the two gage marks on the test specimen at any time during the test and at any load up to the rated capacity of the machine.

5.2 *Extension Indicator (extensometer)*—A suitable instrument shall be used for determining the distance between two designated points within the gage length of the test specimen as the specimen is stretched. For referee purposes, the extensometer must be set at the full gage length of the specimen, as shown in Fig. 1. It is desirable, but not essential, that this instrument automatically record this distance, or any change in it, as a function of the load on the test specimen or of the elapsed time from the start of the test, or both. If only the latter is obtained, load-time data must also be taken. This instrument shall be essentially free of inertia at the specified speed of testing. Extensometers shall be classified and their calibration periodically verified in accordance with Practice E 83.

5.2.1 *Modulus-of-Elasticity Measurements*—For modulus-of-elasticity measurements, an extensometer with a maximum strain error of 0.0002 mm/mm (in./in.) that automatically and continuously records shall be used. An extensometer classified by Practice E 83 as fulfilling the requirements of a B-2 classification within the range of use for modulus measurements meets this requirement.

5.2.2 *Low-Extension Measurements*—For elongation-at-yield and low-extension measurements (nominally 20% or

less), the same above extensometer, attenuated to 20% extension, may be used. In any case, the extensometer system must meet at least Class C (Practice E 83) requirements, which include a fixed strain error of 0.001 strain or $\pm 1.0\%$ of the indicated strain, whichever is greater.

5.2.3 *High-Extension Measurements*—For making measurements at elongations greater than 20%, measuring techniques with error no greater than $\pm 10\%$ of the measured value are acceptable.

5.2.4 *Poisson's Ratio*—Bi-axial extensometer or axial and transverse extensometers capable of recording axial strain and transverse strain simultaneously. The extensometers shall be capable of measuring the change in strains with an accuracy of 1% of the relevant value or better.

NOTE 8—Strain gages can be used as an alternative method to measure axial and transverse strain; however, proper techniques for mounting strain gages are crucial to obtaining accurate data. Consult strain gage suppliers for instruction and training in these special techniques.

5.3 *Micrometers*—Suitable micrometers for measuring the width and thickness of the test specimen to an incremental discrimination of at least 0.025 mm (0.001 in.) should be used. All width and thickness measurements of rigid and semirigid plastics may be measured with a hand micrometer with ratchet. A suitable instrument for measuring the thickness of nonrigid test specimens shall have: (1) a contact measuring pressure of 25 ± 2.5 kPa (3.6 ± 0.36 psi), (2) a movable circular contact foot 6.35 ± 0.025 mm (0.250 ± 0.001 in.) in diameter, and (3) a lower fixed anvil large enough to extend beyond the contact foot in all directions and being parallel to the contact foot within 0.005 mm (0.0002 in.) over the entire foot area. Flatness of the foot and anvil shall conform to Test Method D 5947.

5.3.1 An optional instrument equipped with a circular contact foot 15.88 ± 0.08 mm (0.625 ± 0.003 in.) in diameter is recommended for thickness measuring of process samples or larger specimens at least 15.88 mm in minimum width.

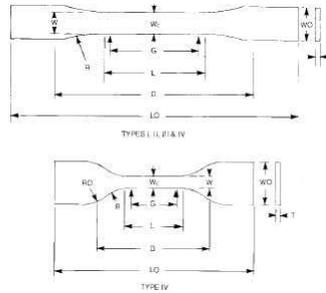
6. Test Specimens

6.1 Sheet, Plate, and Molded Plastics:

6.1.1 *Rigid and Semirigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type I specimen is the preferred specimen and shall be used where sufficient material having a thickness of 7 mm (0.28 in.) or less is available. The Type II specimen may be used when a material does not break in the narrow section with the preferred Type I specimen. The Type V specimen shall be used where only limited material having a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less is available for evaluation, or where a large number of specimens are to be exposed in a limited space (thermal and environmental stability tests, etc.). The Type IV specimen should be used when direct comparisons are required between materials in different rigidity cases (that is, nonrigid and semirigid). The Type III specimen must be used for all materials with a thickness of greater than 7 mm (0.28 in.) but not more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.2 *Nonrigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type IV specimen shall be used for testing nonrigid plastics with a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less. The Type III specimen must be used for all materials with a thickness greater than 7 mm (0.28 in.) but not

D 638



Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^a

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^b	Type V ^{c,d}		
W—Width of narrow section ^{e,f}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)		$\pm 0.5 (\pm 0.02)^{g,h}$
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)		$\pm 0.5 (\pm 0.02)^{g,h}$
WC—Width overall, mm ^d	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...		+ 6.4 (+ 0.25)
LC—Length overall, mm ^d	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	9.53 (0.375)		+ 3.18 (+ 0.125)
G—Gage length ⁱ	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)		$\pm 0.25 (\pm 0.010)^{g,h}$
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	25 (1.00)	...		$\pm 0.13 (\pm 0.005)$
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	65 (2.5) ⁱ	25.4 (1.0)		$\pm 5 (\pm 0.2)$
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	14 (0.56)	12.7 (0.5)		$\pm 1 (\pm 0.04)^{g,h}$
	...	...	...	25 (1.00)	...		$\pm 1 (\pm 0.04)$

^a Thickness, T , shall be 3.2 ± 0.4 mm (0.13 ± 0.02 in.) for all types of molded specimens, and for other Types I and II specimens where possible. If specimens are machined from sheets or plates, thickness, T , may be the thickness of the sheet or plate provided this does not exceed the range stated for the intended specimen type. For sheets of nominal thickness greater than 14 mm (0.55 in.) the specimens shall be machined to 14 ± 0.4 mm (0.55 ± 0.02 in.) in thickness, for use with the Type III specimen. For sheets of nominal thickness between 14 and 51 mm (0.55 and 2 in.) approximately equal amounts shall be machined from each surface. For thicker sheets both surfaces of the specimen shall be machined, and the location of the specimen with reference to the original thickness of the sheet shall be noted. Tolerances on thickness less than 14 mm (0.55 in.) shall be those standard for the grade of material tested.

^b For the Type IV specimen, the internal width of the narrow section of the die shall be 6.00 ± 0.05 mm (0.250 ± 0.002 in.). The dimensions are essentially those of Die C in Test Methods D 412.

^c The Type V specimen shall be machined or die cut to the dimensions shown, or molded in a mold whose cavity has these dimensions. The dimensions shall be:

$W = 3.18 \pm 0.03$ mm (0.125 ± 0.001 in.),
 $L = 9.53 \pm 0.08$ mm (0.375 ± 0.003 in.),
 $G = 7.62 \pm 0.02$ mm (0.300 ± 0.001 in.), and
 $R = 12.7 \pm 0.08$ mm (0.500 ± 0.003 in.).
 The other tolerances are those in the table.

^d Supporting data on the introduction of the L specimen of Test Method D 1822 as the Type V specimen are available from ASTM Headquarters. Request RR-D20-1038.
^e The width at the center W_c shall be $+0.0$ mm, -0.10 mm ($+0.000$ in., -0.004 in.) compared with width W at other parts of the reduced section. Any reduction in W at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

^f For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for either Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical section of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows:

^g Overall widths greater than the minimum indicated may be desirable for some materials in order to avoid breaking in the grips.

^h Overall lengths greater than the minimum indicated may be desirable either to avoid breaking in the grips or to satisfy special test requirements.

ⁱ Test marks or initial extensometer span.

^j When self-tightening grips are used, for highly extensible polymers, the distance between grips will depend upon the types of grips used and may not be critical if maintained uniform once chosen.

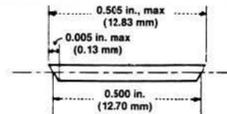


FIG. 1 Tension Test Specimens for Sheet, Plate, and Molded Plastics

more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.3 *Reinforced Composites*—The test specimen for reinforced composites, including highly orthotropic laminates,

shall conform to the dimensions of the Type I specimen shown in Fig. 1.

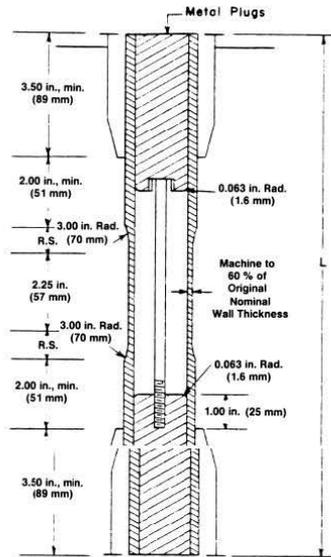
6.1.4 *Preparation*—Test specimens shall be prepared by

machining operations, or die cutting, from materials in sheet, plate, slab, or similar form. Materials thicker than 14 mm (0.55 in.) must be machined to 14 mm (0.55 in.) for use as Type III specimens. Specimens can also be prepared by molding the material to be tested.

NOTE 9—Test results have shown that for some materials such as glass cloth, SMC, and BMC laminates, other specimen types should be considered to ensure breakage within the gage length of the specimen, as mandated by 7.3.

NOTE 10—When preparing specimens from certain composite laminates such as woven roving, or glass cloth, care must be exercised in cutting the specimens parallel to the reinforcement. The reinforcement will be significantly weakened by cutting on a bias, resulting in lower laminate properties, unless testing of specimens in a direction other than parallel with the reinforcement constitutes a variable being studied.

NOTE 11—Specimens prepared by injection molding may have different tensile properties than specimens prepared by machining or die-cutting because of the orientation induced. This effect may be more pronounced in specimens with narrow sections.



DIMENSIONS OF TUBE SPECIMENS

Nominal Wall Thickness	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, L, of Specimen to Be Used for 89-mm (3.5-in.) Jaws ^a
mm (in.)			
0.79 (1/32)	13.9 (0.547)	350 (13.80)	381 (15)
1.2 (1/8)	17.0 (0.670)	354 (13.92)	381 (15)
1.6 (1/4)	19.8 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
2.4 (3/8)	24.0 (0.946)	361 (14.23)	381 (15)
3.2 (3/8)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
4.8 (1/4)	33.9 (1.333)	370 (14.56)	381 (15)
6.4 (1/2)	39.0 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
7.9 (3/4)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
9.5 (3/8)	47.6 (1.875)	384 (15.12)	400 (15.75)
11.1 (7/8)	51.3 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
12.7 (1/2)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)

^a For other jaws greater than 39 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 2 Diagram Showing Location of Tube Tension Test Specimens in Testing Machine

6.2 *Rigid Tubes*—The test specimen for rigid tubes shall be as shown in Fig. 2. The length, *L*, shall be as shown in the table in Fig. 2. A groove shall be machined around the outside of the specimen at the center of its length so that the wall section after machining shall be 60% of the original nominal wall thickness. This groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter. Steel or brass plugs having diameters such that they will fit snugly inside the tube and having a length equal to the full jaw length plus 25 mm (1 in.) shall be placed in the ends of the specimens to prevent crushing. They can be located conveniently in the tube by separating and supporting them on a threaded metal rod. Details of plugs and test assembly are shown in Fig. 2.

6.3 *Rigid Rods*—The test specimen for rigid rods shall be as shown in Fig. 3. The length, *L*, shall be as shown in the table in Fig. 3. A groove shall be machined around the specimen at the center of its length so that the diameter of the machined portion shall be 60% of the original nominal diameter. This groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter.

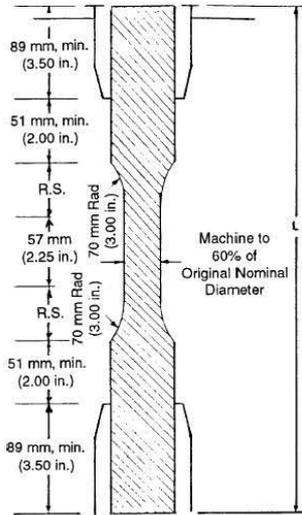
6.4 All surfaces of the specimen shall be free of visible flaws, scratches, or imperfections. Marks left by coarse machining operations shall be carefully removed with a fine file or abrasive, and the filed surfaces shall then be smoothed with abrasive paper (No. 00 or finer). The finishing sanding strokes shall be made in a direction parallel to the long axis of the test specimen. All flash shall be removed from a molded specimen, taking great care not to disturb the molded surfaces. In machining a specimen, undercuts that would exceed the dimensional tolerances shown in Fig. 1 shall be scrupulously avoided. Care shall also be taken to avoid other common machining errors.

6.5 If it is necessary to place gage marks on the specimen, this shall be done with a wax crayon or India ink that will not affect the material being tested. Gage marks shall not be scratched, punched, or impressed on the specimen.

6.6 When testing materials that are suspected of anisotropy, duplicate sets of test specimens shall be prepared, having their long axes respectively parallel with, and normal to, the suspected direction of anisotropy.

7. Number of Test Specimens

7.1 Test at least five specimens for each sample in the case of isotropic materials.



DIMENSIONS OF ROD SPECIMENS

Nominal Diameter	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, L, of Specimen to Be Used for 89-mm (3½-in.) Jaws ^a
mm (in.)			
3.2 (1/4)	19.6 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
4.7 (1/4)	24.0 (0.946)	361 (14.20)	381 (15)
6.4 (1/4)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
9.5 (3/8)	33.5 (1.333)	370 (14.58)	381 (15)
12.7 (1/2)	39.1 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
15.9 (5/8)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
19.0 (3/4)	47.6 (1.873)	384 (15.12)	400 (15.75)
22.2 (7/8)	51.5 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
25.4 (1)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)
31.8 (1¼)	60.5 (2.398)	398 (15.65)	419 (16.5)
38.1 (1½)	66.4 (2.615)	403 (15.87)	419 (16.5)
42.5 (1¾)	71.4 (2.812)	408 (16.06)	419 (16.5)
50.8 (2)	76.0 (2.993)	412 (16.24)	432 (17)

^a For other jaws greater than 89 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 3 Diagram Showing Location of Rod Tension Test Specimen in Testing Machine

7.2 Test ten specimens, five normal to, and five parallel with, the principle axis of anisotropy, for each sample in the case of anisotropic materials.

7.3 Discard specimens that break at some obvious fortuitous flaw, or that do not break between the predetermined gage marks, and make retests, unless such flaws constitute a variable to be studied.

NOTE 12—Before testing, all transparent specimens should be inspected in a polariscope. Those which show atypical or concentrated strain patterns should be rejected, unless the effects of these residual strains constitute a variable to be studied.

8. Speed of Testing

8.1 Speed of testing shall be the relative rate of motion of the grips or test fixtures during the test. The rate of motion of the driven grip or fixture when the testing machine is running idle may be used, if it can be shown that the resulting speed of testing is within the limits of variation allowed.

8.2 Choose the speed of testing from Table 1. Determine this chosen speed of testing by the specification for the material being tested, or by agreement between those concerned. When the speed is not specified, use the lowest speed shown in Table 1 for the specimen geometry being used, which gives rupture within ½ to 5-min testing time.

8.3 Modulus determinations may be made at the speed selected for the other tensile properties when the recorder response and resolution are adequate.

8.4 Poisson's ratio determinations shall be made at the same speed selected for modulus determinations.

9. Conditioning

9.1 *Conditioning*—Condition the test specimens at 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 5 % relative humidity for not less than 40 h prior to test in accordance with Procedure A of Practice D 618, for those tests where conditioning is required. In cases of disagreement, the tolerances shall be ± 1°C (1.8°F) and ± 2 % relative humidity.

9.1.1 Note that for some hygroscopic materials, such as nylons, the material specifications (for example, Specification D 4066) call for testing "dry as-molded specimens." Such requirements take precedence over the above routine preconditioning to >0 % relative humidity and require sealing the specimens in water vapor-impermeable containers as soon as molded and not removing them until ready for testing.

TABLE 1 Designations for Speed of Testing^a

Classification ^b	Specimen Type	Speed of Testing mm/min (in./min)	Nominal Strain ^c Rate at Start of Test, mm/mm·min (in./in.·min)
Rigid and Semirigid	I, II, III rods and tubes	5 (0.2) ± 25 %	0.1
		50 (2) ± 10 %	1
	IV	200 (20) ± 10 %	10
		5 (0.2) ± 25 %	0.15
		50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15
V	1 (0.05) ± 25 %	0.1	
	10 (0.5) ± 25 %	1	
	100 (5) ± 25 %	10	
	500 (20) ± 10 %	10	
Nonrigid	III	50 (2) ± 10 %	1
		500 (20) ± 10 %	10
	IV	50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15

^a Select the lowest speed that produces rupture in ½ to 5 min for the specimen geometry being used (see 8.2).

^b See Terminology D 883 for definitions.

^c The initial rate of straining cannot be calculated exactly for dumbbell-shaped specimens because of extension, both in the reduced section outside the gage length and in the fillets. This initial strain rate can be measured from the initial slope of the tensile strain-versus-time diagram.

9.2 *Test Conditions*—Conduct tests in the Standard Laboratory Atmosphere of $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$) and $50 \pm 5\%$ relative humidity, unless otherwise specified in the test methods. In cases of disagreement, the tolerances shall be $\pm 1^\circ\text{C}$ (1.8°F) and $\pm 2\%$ relative humidity.

NOTE 13—The tensile properties of some plastics change rapidly with small changes in temperature. Since heat may be generated as a result of straining the specimen at high rates, conduct tests without forced cooling to ensure uniformity of test conditions. Measure the temperature in the reduced section of the specimen and record it for materials where self-heating is suspected.

10. Procedure

10.1 Measure the width and thickness of rigid flat specimens (Fig. 1) with a suitable micrometer to the nearest 0.025 mm (0.001 in.) at several points along their narrow sections. Measure the thickness of nonrigid specimens (produced by a Type IV die) in the same manner with the required dial micrometer. Take the width of this specimen as the distance between the cutting edges of the die in the narrow section. Measure the diameter of rod specimens, and the inside and outside diameters of tube specimens, to the nearest 0.025 mm (0.001 in.) at a minimum of two points 90° apart; make these measurements along the groove for specimens so constructed. Use plugs in testing tube specimens, as shown in Fig. 2.

TABLE 2 Modulus, 10^6 psi, for Eight Laboratories, Five Materials

	Mean	S_y	S_R	l_y	l_R
Polypropylene	0.210	0.0089	0.071	0.025	0.201
Cellulose acetate butyrate	0.246	0.0179	0.035	0.051	0.144
Acrylic	0.481	0.0179	0.063	0.051	0.144
Glass-reinforced nylon	1.17	0.0537	0.217	0.152	0.614
Glass-reinforced polyester	1.39	0.0694	0.266	0.253	0.753

10.2 Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the specimen and the grips with an imaginary line joining the points of attachment of the grips to the machine. The distance between the ends of the gripping surfaces, when using flat specimens, shall be as indicated in Fig. 1. On tube and rod specimens, the location for the grips shall be as shown in Fig. 2 and Fig. 3. Tighten the grips evenly and firmly to the degree necessary to prevent slippage of the specimen during the test, but not to the point where the specimen would be crushed.

10.3 Attach the extension indicator. When modulus is being determined, a Class B-2 or better extensometer is required (see 5.2.1).

NOTE 14—Modulus of materials is determined from the slope of the linear portion of the stress-strain curve. For most plastics, this linear portion is very small, occurs very rapidly, and must be recorded automatically. The change in jaw separation is never to be used for calculating modulus or elongation.

10.3.1 *Poisson's Ratio Determination:*

10.3.1.1 When Poisson's ratio is determined, the speed of testing and the load range at which it is determined shall be the same as those used for modulus of elasticity.

10.3.1.2 Attach the transverse strain measuring device. The transverse strain measuring device must continuously measure the strain simultaneously with the axial strain measuring device.

TABLE 3 Tensile Stress at Yield, 10^3 psi, for Eight Laboratories, Three Materials

	Mean	S_y	S_R	l_y	l_R
Polypropylene	3.63	0.022	0.161	0.062	0.456
Cellulose acetate butyrate	5.01	0.058	0.227	0.164	0.842
Acrylic	10.4	0.087	0.317	0.190	0.897

TABLE 4 Elongation at Yield, %, for Eight Laboratories, Three Materials

	Mean	S_y	S_R	l_y	l_R
Cellulose acetate butyrate	3.65	0.27	0.62	0.76	1.75
Acrylic	4.99	0.21	0.55	0.59	1.56
Polypropylene	8.79	0.45	5.86	1.27	16.5

10.3.1.3 Make simultaneous measurements of load and strain and record the data. The precision of the value of Poisson's ratio will depend on the number of data points of axial and transverse strain taken.

10.4 Set the speed of testing at the proper rate as required in Section 8, and start the machine.

10.5 Record the load-extension curve of the specimen.

10.6 Record the load and extension at the yield point (if one exists) and the load and extension at the moment of rupture.

NOTE 15—If it is desired to measure both modulus and failure properties (yield or break, or both), it may be necessary, in the case of highly extensible materials, to run two independent tests. The high magnification extensometer normally used to determine properties up to the yield point may not be suitable for tests involving high extensibility. If allowed to remain attached to the specimen, the extensometer could be permanently damaged. A broad-range incremental extensometer or hand-rule technique may be needed when such materials are taken to rupture.

11. Calculation

11.1 Toe compensation shall be made in accordance with Annex A1, unless it can be shown that the toe region of the curve is not due to the take-up of slack, seating of the specimen, or other artifact, but rather is an authentic material response.

11.2 *Tensile Strength*—Calculate the tensile strength by dividing the maximum load in newtons (or pounds-force) by the original minimum cross-sectional area of the specimen in square metres (or square inches). Express the result in pascals (or pounds-force per square inch) and report it to three significant figures as tensile strength at yield or tensile strength at break, whichever term is applicable. When a nominal yield or break load less than the maximum is present and applicable, it may be desirable also to calculate, in a similar manner, the corresponding tensile stress at yield or tensile stress at break and report it to three significant figures (see Note A2.8).

11.3 *Percent Elongation*—If the specimen gives a yield load that is larger than the load at break, calculate percent elongation at yield. Otherwise, calculate percent elongation at break. Do this by reading the extension (change in gage length) at the moment the applicable load is reached. Divide that extension by the original gage length and multiply by 100. Report percent elongation at yield or percent elongation at break to two significant figures. When a yield or breaking load less than the maximum is present and of interest, it is desirable to calculate and report both percent elongation at yield and percent

elongation at break (see Note A2.2).

straight line through the points can be reduced by applying the

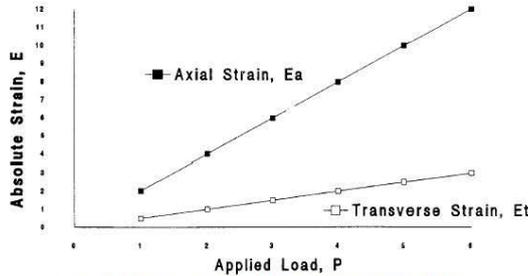


FIG. 4 Plot of Strains Versus Load for Determination of Poisson's Ratio

11.4 *Modulus of Elasticity*—Calculate the modulus of elasticity by extending the initial linear portion of the load-extension curve and dividing the difference in stress corresponding to any segment of section on this straight line by the corresponding difference in strain. All elastic modulus values shall be computed using the average initial cross-sectional area of the test specimens in the calculations. The result shall be expressed in pascals (pounds-force per square inch) and reported to three significant figures.

11.5 *Secant Modulus*—At a designated strain, this shall be calculated by dividing the corresponding stress (nominal) by the designated strain. Elastic modulus values are preferable and shall be calculated whenever possible. However, for materials where no proportionality is evident, the secant value shall be calculated. Draw the tangent as directed in A1.3 and Fig. A1.2, and mark off the designated strain from the yield point where the tangent line goes through zero stress. The stress to be used in the calculation is then determined by dividing the load-extension curve by the original average cross-sectional area of the specimen.

11.6 *Poisson's Ratio*—The axial strain, ϵ_a , indicated by the axial extensometer, and the transverse strain, ϵ_t , indicated by the transverse extensometers, are plotted against the applied load, P , as shown in Fig. 4. A straight line is drawn through each set of points, and the slopes, $d\epsilon_a/dP$ and $d\epsilon_t/dP$, of these lines are determined. Poisson's ratio, μ , is then calculated as follows:

$$\mu = -(d\epsilon_t/dP)/(d\epsilon_a/dP) \quad (1)$$

where:

$d\epsilon_t$ = change in transverse strain,
 $d\epsilon_a$ = change in axial strain, and
 dP = change in applied load;

or

$$\mu = -(d\epsilon_t)/(d\epsilon_a) \quad (2)$$

11.6.1 The errors that may be introduced by drawing a

method of least squares.

11.7 For each series of tests, calculate the arithmetic mean of all values obtained and report it as the "average value" for the particular property in question.

11.8 Calculate the standard deviation (estimated) as follows and report it to two significant figures:

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)/(n-1)} \quad (3)$$

where:

s = estimated standard deviation,
 X = value of single observation,
 n = number of observations, and
 \bar{X} = arithmetic mean of the set of observations.

11.9 See Annex A1 for information on toe compensation.

TABLE 5 Tensile Strength at Break, 10³ psi, for Eight Laboratories, Five Materials^a

	Mean	S _p	S _w	l _r	l _b
Polypropylene	2.97	1.54	1.65	4.37	4.66
Cellulose acetate butyrate	4.82	0.058	0.180	0.164	0.509
Acrylic	9.09	0.452	0.751	1.27	2.13
Glass-reinforced polyester	20.8	0.233	0.437	0.659	1.24
Glass-reinforced nylon	23.6	0.277	0.698	0.764	1.98

^a Tensile strength and elongation at break values obtained for unreinforced polypropylene plastics generally are highly variable due to inconsistencies in necking or "drawing" of the center section of the test bar. Since tensile strength and elongation at yield are more reproducible and relate in most cases to the practical usefulness of a molded part, they are generally recommended for specification purposes.

12. Report

12.1 Report the following information:

- 12.1.1 Complete identification of the material tested, including type, source, manufacturer's code numbers, form, principal dimensions, previous history, etc.,.
- 12.1.2 Method of preparing test specimens.
- 12.1.3 Type of test specimen and dimensions.
- 12.1.4 Conditioning procedure used.

TABLE 6 Elongation at Break, %, for Eight Laboratories, Five Materials^a

	Values Expressed in Percent Units				
	Mean	S_y	S_R	I_y	I_R
Glass-reinforced polyester	3.68	0.20	2.33	0.570	6.59
Glass-reinforced nylon	3.87	0.10	2.13	0.283	6.03
Acrylic	13.2	2.05	3.65	5.80	10.3
Cellulose acetate butyrate	14.1	1.87	6.62	5.29	18.7
Polypropylene	293.0	50.9	119.0	144.0	337.0

^a Tensile strength and elongation at break values obtained for unreinforced polypropylene plastics generally are highly variable due to inconsistencies in necking or "drawing" of the center section of the test bar. Since tensile strength and elongation at yield are more reproducible and relate in most cases to the practical usefulness of a molded part, they are generally recommended for specification purposes.

TABLE 7 Tensile Yield Strength, for Ten Laboratories, Eight Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in psi Units				
		Average	S_y	S_R	r	R
LDPE	20	1544	52.4	64.0	146.6	179.3
LDPE	20	1894	53.1	61.2	148.7	171.3
LLDPE	20	1879	74.2	99.9	207.6	279.7
LLDPE	20	1791	49.2	75.8	137.9	212.3
LLDPE	20	2900	55.5	67.9	155.4	246.1
LLDPE	20	1730	63.9	96.0	178.9	268.7
HDPE	2	4101	196.1	371.9	549.1	1041.3
HDPE	2	3523	175.9	478.0	492.4	1338.5

12.1.5 Atmospheric conditions in test room,

12.1.6 Number of specimens tested,

12.1.7 Speed of testing,

12.1.8 Classification of extensometers used. A description of measuring technique and calculations employed instead of a minimum Class-C extensometer system.

12.1.9 Tensile strength at yield or break, average value, and standard deviation.

12.1.10 Tensile stress at yield or break, if applicable, average value, and standard deviation.

12.1.11 Percent elongation at yield or break, or both, as applicable, average value, and standard deviation.

12.1.12 Modulus of elasticity, average value, and standard deviation.

12.1.13 Date of test, and

12.1.14 Revision date of Test Method D 638.

13. Precision and Bias¹²

13.1 Precision—Tables 2-6 are based on a round-robin test conducted in 1984, involving five materials tested by eight laboratories using the Type I specimen, all of nominal 0.125-in. thickness. Each test result was based on five individual determinations. Each laboratory obtained two test results for each material.

13.1.1 Tables 7-10 are based on a round-robin test conducted by the polyolefin subcommittee in 1988, involving eight polyethylene materials tested in ten laboratories. For each material, all samples were molded at one source, but the individual specimens were prepared at the laboratories that

¹² Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR-D20-1125 for the 1984 round robin and RR-D20-1170 for the 1988 round robin.

TABLE 8 Tensile Yield Elongation, for Eight Laboratories, Eight Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in Percent Units				
		Average	S_y	S_R	r	R
LDPE	20	17.0	1.26	3.16	3.52	8.84
LDPE	20	14.6	1.02	2.38	2.86	6.67
LLDPE	20	15.7	1.37	2.85	3.85	7.97
LLDPE	20	16.6	1.59	3.30	4.46	9.24
LLDPE	20	11.7	1.27	2.88	3.56	8.08
LLDPE	20	15.2	1.27	2.59	3.55	7.25
HDPE	2	9.27	1.40	2.84	3.91	7.94
HDPE	2	9.63	1.23	2.75	3.45	7.71

TABLE 9 Tensile Break Strength, for Nine Laboratories, Six Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in psi Units				
		Average	S_y	S_R	r	R
LDPE	20	1592	52.3	74.9	146.4	209.7
LDPE	20	1750	66.6	102.9	186.4	288.1
LLDPE	20	4379	127.1	219.0	355.8	613.3
LLDPE	20	2840	78.6	143.5	220.2	401.8
LLDPE	20	1679	34.3	47.0	95.96	131.6
LLDPE	20	2660	119.1	166.3	333.6	465.6

TABLE 10 Tensile Break Elongation, for Nine Laboratories, Six Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in Percent Units				
		Average	S_y	S_R	r	R
LDPE	20	567	31.5	59.5	88.2	166.6
LDPE	20	569	61.5	89.2	172.3	249.7
LLDPE	20	890	25.7	113.8	71.9	318.7
LLDPE	20	64.4	6.68	11.7	16.7	32.6
LLDPE	20	803	25.7	104.4	71.9	292.5
LLDPE	20	782	41.6	96.7	116.6	270.8

tested them. Each test result was the average of five individual determinations. Each laboratory obtained three test results for each material. Data from some laboratories could not be used for various reasons, and this is noted in each table.

13.1.2 In Tables 2-10, for the materials indicated, and for test results that derived from testing five specimens:

13.1.2.1 S_y is the within-laboratory standard deviation of the average; $I_y = 2.83 S_y$. (See 13.1.2.3 for application of I_y .)

13.1.2.2 S_R is the between-laboratory standard deviation of the average; $I_R = 2.83 S_R$. (See 13.1.2.4 for application of I_R .)

13.1.2.3 Repeatability—In comparing two test results for the same material, obtained by the same operator using the same equipment on the same day, those test results should be judged not equivalent if they differ by more than the I_y value for that material and condition.

13.1.2.4 Reproducibility—In comparing two test results for the same material, obtained by different operators using different equipment on different days, those test results should be judged not equivalent if they differ by more than the I_R value for that material and condition. (This applies between different laboratories or between different equipment within the same laboratory.)

13.1.2.5 Any judgment in accordance with 13.1.2.3 and

13.1.2.4 will have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

13.1.2.6 Other formulations may give somewhat different results.

13.1.2.7 For further information on the methodology used in this section, see Practice E 691.

13.1.2.8 The precision of this test method is very dependent upon the uniformity of specimen preparation, standard practices for which are covered in other documents.

13.2 Bias—There are no recognized standards on which to base an estimate of bias for this test method.

14. Keywords

14.1 modulus of elasticity; percent elongation; plastics; tensile properties; tensile strength

ANNEXES

(Mandatory Information)

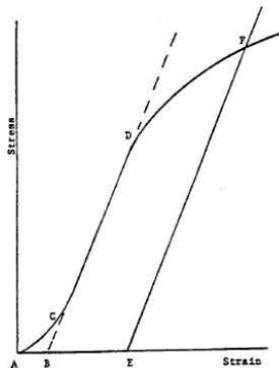
A1. TOE COMPENSATION

A1.1 In a typical stress-strain curve (Fig. A1.1) there is a toe region, AC, that does not represent a property of the material. It is an artifact caused by a takeup of slack and alignment or seating of the specimen. In order to obtain correct values of such parameters as modulus, strain, and offset yield point, this artifact must be compensated for to give the corrected zero point on the strain or extension axis.

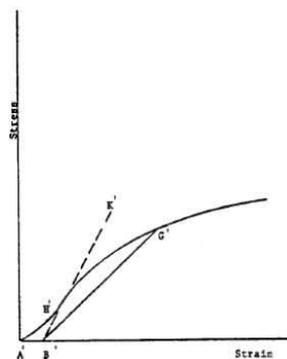
A1.2 In the case of a material exhibiting a region of Hookean (linear) behavior (Fig. A1.1), a continuation of the linear (CD) region of the curve is constructed through the zero-stress axis. This intersection (B) is the corrected zero-strain point from which all extensions or strains must be measured, including the yield offset (BE), if applicable. The

elastic modulus can be determined by dividing the stress at any point along the line CD (or its extension) by the strain at the same point (measured from Point B, defined as zero-strain).

A1.3 In the case of a material that does not exhibit any linear region (Fig. A1.2), the same kind of toe correction of the zero-strain point can be made by constructing a tangent to the maximum slope at the inflection point (H'). This is extended to intersect the strain axis at Point B', the corrected zero-strain point. Using Point B' as zero strain, the stress at any point (G') on the curve can be divided by the strain at that point to obtain a secant modulus (slope of Line B' G'). For those materials with no linear region, any attempt to use the tangent through the inflection point as a basis for determination of an offset yield point may result in unacceptable error.



NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.
FIG. A1.1 Material with Hookean Region



NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.
FIG. A1.2 Material with No Hookean Region

A2. DEFINITIONS OF TERMS AND SYMBOLS RELATING TO TENSION TESTING OF PLASTICS

A2.1 *elastic limit*—the greatest stress which a material is capable of sustaining without any permanent strain remaining upon complete release of the stress. It is expressed in force per unit area, usually pounds-force per square inch (megapascals).

NOTE A2.1—Measured values of proportional limit and elastic limit vary greatly with the sensitivity and accuracy of the testing equipment, eccentricity of loading, the scale to which the stress-strain diagram is plotted, and other factors. Consequently, these values are usually replaced by yield strength.

A2.2 *elongation*—the increase in length produced in the gage length of the test specimen by a tensile load. It is expressed in units of length, usually inches (millimetres). (Also known as *extension*.)

NOTE A2.2—Elongation and strain values are valid only in cases where uniformity of specimen behavior within the gage length is present. In the case of materials exhibiting necking phenomena, such values are only of qualitative utility after attainment of yield point. This is due to inability to ensure that necking will encompass the entire length between the gage marks prior to specimen failure.

A2.3 *gage length*—the original length of that portion of the specimen over which strain or change in length is determined.

A2.4 *modulus of elasticity*—the ratio of stress (nominal) to corresponding strain below the proportional limit of a material. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch). (Also known as *elastic modulus* or *Young's modulus*.)

NOTE A2.3—The stress-strain relations of many plastics do not conform to Hooke's law throughout the elastic range but deviate therefrom even at stresses well below the elastic limit. For such materials the slope of the tangent to the stress-strain curve at a low stress is usually taken as the modulus of elasticity. Since the existence of a true proportional limit in plastics is debatable, the propriety of applying the term "modulus of elasticity" to describe the stiffness or rigidity of a plastic has been seriously questioned. The exact stress-strain characteristics of plastic materials are very dependent on such factors as rate of stressing, temperature, previous specimen history, etc. However, such a value is useful if its arbitrary nature and dependence on time, temperature, and other factors are realized.

A2.5 *necking*—the localized reduction in cross section which may occur in a material under tensile stress.

A2.6 *offset yield strength*—the stress at which the strain exceeds by a specified amount (the offset) an extension of the initial proportional portion of the stress-strain curve. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

NOTE A2.4—This measurement is useful for materials whose stress-strain curve in the yield range is of gradual curvature. The offset yield strength can be derived from a stress-strain curve as follows (Fig. A2.1):

On the strain axis lay off OM equal to the specified offset.
Draw OA tangent to the initial straight-line portion of the stress-strain curve.

Through M draw a line MN parallel to OA and locate the intersection of MN with the stress-strain curve.

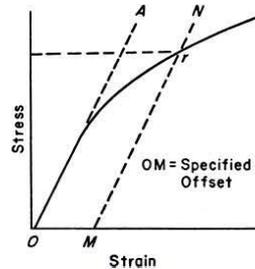


FIG. A2.1 Offset Yield Strength

The stress at the point of intersection r is the "offset yield strength." The specified value of the offset must be stated as a percent of the original gage length in conjunction with the strength value. Example: 0.1 % offset yield strength = ... MPa (psi), or yield strength at 0.1 % offset ... MPa (psi).

A2.7 *percent elongation*—the elongation of a test specimen expressed as a percent of the gage length.

A2.8 *percent elongation at break and yield:*

A2.8.1 *percent elongation at break*
the percent elongation at the moment of rupture of the test specimen.

A2.8.2 *percent elongation at yield*
the percent elongation at the moment the yield point (A2.21) is attained in the test specimen.

A2.9 *percent reduction of area (nominal)*—the difference between the original cross-sectional area measured at the point of rupture after breaking and after all retraction has ceased, expressed as a percent of the original area.

A2.10 *percent reduction of area (true)*—the difference between the original cross-sectional area of the test specimen and the minimum cross-sectional area within the gage boundaries prevailing at the moment of rupture, expressed as a percentage of the original area.

A2.11 *proportional limit*—the greatest stress which a material is capable of sustaining without any deviation from proportionality of stress to strain (Hooke's law). It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

A2.12 *rate of loading*—the change in tensile load carried by the specimen per unit time. It is expressed in force per unit time, usually newtons (pounds-force) per minute. The initial rate of loading can be calculated from the initial slope of the load versus time diagram.

A2.13 *rate of straining*—the change in tensile strain per unit time. It is expressed either as strain per unit time, usually

metres per metre (inches per inch) per minute, or percent elongation per unit time, usually percent elongation per minute. The initial rate of straining can be calculated from the initial slope of the tensile strain versus time diagram.

NOTE A2.5—The initial rate of straining is synonymous with the rate of crosshead movement divided by the initial distance between crossheads only in a machine with constant rate of crosshead movement and when the specimen has a uniform original cross section, does not “neck down,” and does not slip in the jaws.

A2.14 *rate of stressing (nominal)*—the change in tensile stress (nominal) per unit time. It is expressed in force per unit area per unit time, usually megapascals (pounds-force per square inch) per minute. The initial rate of stressing can be calculated from the initial slope of the tensile stress (nominal) versus time diagram.

NOTE A2.6—The initial rate of stressing as determined in this manner has only limited physical significance. It does, however, roughly describe the average rate at which the initial stress (nominal) carried by the test specimen is applied. It is affected by the elasticity and flow characteristics of the materials being tested. At the yield point, the rate of stressing (true) may continue to have a positive value if the cross-sectional area is decreasing.

A2.15 *secant modulus*—the ratio of stress (nominal) to corresponding strain at any specified point on the stress-strain curve. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch), and reported together with the specified stress or strain.

NOTE A2.7—This measurement is usually employed in place of modulus of elasticity in the case of materials whose stress-strain diagram does not demonstrate proportionality of stress to strain.

A2.16 *strain*—the ratio of the elongation to the gage length of the test specimen, that is, the change in length per unit of original length. It is expressed as a dimensionless ratio.

A2.17 *tensile strength (nominal)*—the maximum tensile stress (nominal) sustained by the specimen during a tension test. When the maximum stress occurs at the yield point (A2.21), it shall be designated tensile strength at yield. When the maximum stress occurs at break, it shall be designated tensile strength at break.

A2.18 *tensile stress (nominal)*—the tensile load per unit area of minimum original cross section, within the gage boundaries, carried by the test specimen at any given moment. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

NOTE A2.8—The expression of tensile properties in terms of the minimum original cross section is almost universally used in practice. In the case of materials exhibiting high extensibility or necking, or both (A2.15), nominal stress calculations may not be meaningful beyond the yield point (A2.21) due to the extensive reduction in cross-sectional area that ensues. Under some circumstances it may be desirable to express the tensile properties per unit of minimum prevailing cross section. These properties are called true tensile properties (that is, true tensile stress, etc.).

A2.19 *tensile stress-strain curve*—a diagram in which values of tensile stress are plotted as ordinates against corresponding values of tensile strain as abscissas.

A2.20 *true strain* (see Fig. A2.2) is defined by the following equation for ϵ_T :

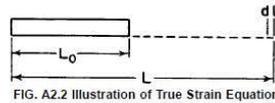


FIG. A2.2 Illustration of True Strain Equation

$$\epsilon_T = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln L/L_0 \quad (A2.1)$$

where:

dL = increment of elongation when the distance between the gage marks is L .

L_0 = original distance between gage marks, and

L = distance between gage marks at any time.

A2.21 *yield point*—the first point on the stress-strain curve at which an increase in strain occurs without an increase in stress (Fig. A2.2).

NOTE A2.9—Only materials whose stress-strain curves exhibit a point of zero slope may be considered as having a yield point.

NOTE A2.10—Some materials exhibit a distinct “break” or discontinuity in the stress-strain curve in the elastic region. This break is not a yield point by definition. However, this point may prove useful for material characterization in some cases.

A2.22 *yield strength*—the stress at which a material exhibits a specified limiting deviation from the proportionality of stress to strain. Unless otherwise specified, this stress will be the stress at the yield point and when expressed in relation to the tensile strength shall be designated either tensile strength at yield or tensile stress at yield as required in A2.17 (Fig. A2.3). (See *offset yield strength*.)

A2.23 *Symbols*—The following symbols may be used for the above terms:

Symbol	Load	Term
W	Load	
ΔW	Increment of load	
L	Distance between gage marks at any time	
L_0	Original distance between gage marks	
L_b	Distance between gage marks at moment of rupture	
ΔL	Increment of distance between gage marks = elongation	
A	Minimum cross-sectional area at any time	
A_0	Original cross-sectional area	
ΔA	Increment of cross-sectional area	
A_b	Cross-sectional area at point of rupture measured after breaking specimen	
A_r	Cross-sectional area at point of rupture, measured at the moment of rupture	
t	Time	
Δt	Increment of time	
σ	Tensile stress	
$\Delta \sigma$	Increment of stress	
σ_T	True tensile stress	
σ_U	Tensile strength at break (nominal)	
σ_{UT}	Tensile strength at break (true)	
ϵ	Strain	
$\Delta \epsilon$	Increment of strain	
ϵ_U	Total strain, at break	
ϵ_T	True strain	
$\%E$	Percentage elongation	
Y.P.	Yield point	
E	Modulus of elasticity	

A2.24 Relations between these various terms may be defined as follows:

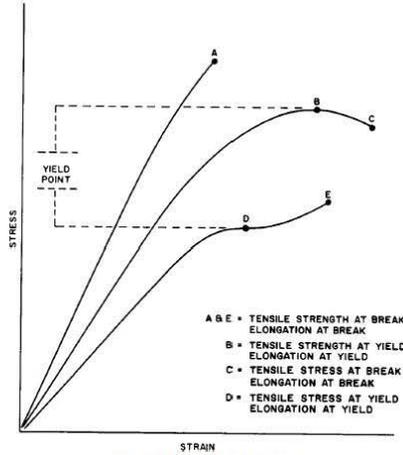


FIG. A2.3 Tensile Designations

$$\begin{aligned} \sigma_U &= W/A_b \text{ (where } W \text{ is breaking load)} \\ \sigma_{UT} &= W/A_T \text{ (where } W \text{ is breaking load)} \\ \epsilon &= \Delta L/L_0 = (L - L_0)/L_0 \\ \epsilon_U &= (L_U - L_0)/L_0 \\ \epsilon_T &= \int_0^L dL/L = \ln L/L_0 \\ \%EI &= [(L - L_0)/L_0] \times 100 = \epsilon \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Percent reduction of area (nominal)} &= [(A_0 - A_b)/A_0] \times 100 \\ \text{Percent reduction of area (true)} &= [(A_0 - A_T)/A_0] \times 100 \\ \text{Rate of loading} &= \Delta W/\Delta t \\ \text{Rate of stressing (nominal)} &= \Delta \sigma/\Delta t = (\Delta W/A_0)/\Delta t \\ \text{Rate of straining} &= \Delta \epsilon/\Delta t = (\Delta L/L_0)/\Delta t \end{aligned}$$

For the case where the volume of the test specimen does not change during the test, the following three relations hold:

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \sigma(1 + \epsilon) = \sigma L/L_0 & (A2.2) \\ \sigma_{UT} &= \sigma_U(1 + \epsilon_U) = \sigma_U L_U/L_0 \\ A &= A_0/(1 + \epsilon) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= W/A_0 \\ \sigma_T &= W/A \end{aligned}$$

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of selected changes to this test method. For the convenience of the user, Committee D20 has highlighted those changes that may impact the use of this test method. This section may also include descriptions of the changes or reasons for the changes, or both.

D 638-98:

- (1) Revised 10.3 and added 12.1.8 to clarify extensometer usage.
- (2) Added 12.1.14.
- (3) Replaced reference to Test Methods D 374 with Test Method D 5947 in 2.1 and 5.3.

D 638-99:

- (1) Added and clarified extensometer classification requirements.

D 638-00:

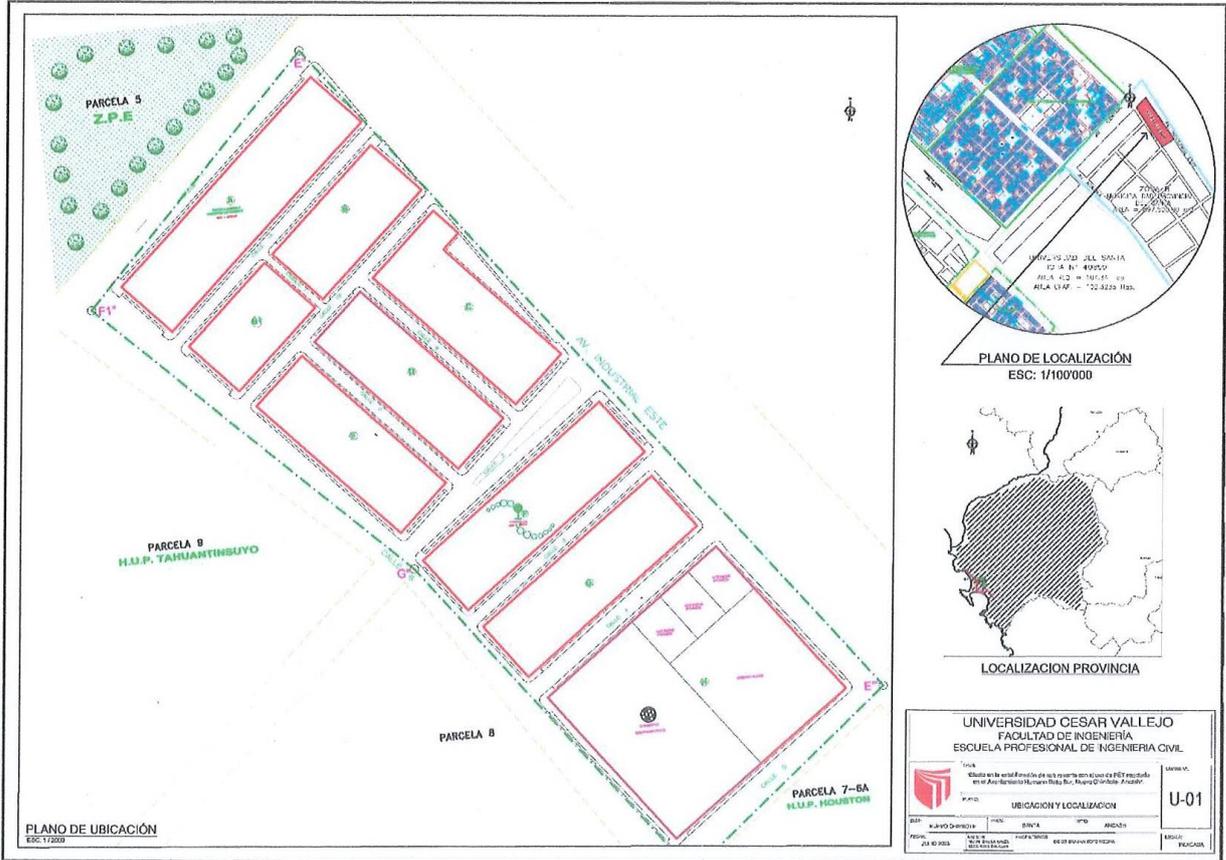
- (1) Added 11.1 and renumbered subsequent sections.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

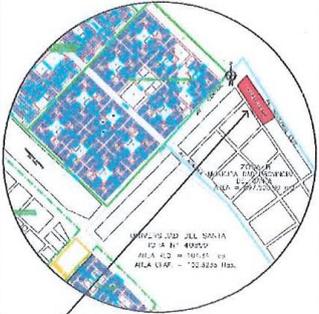
This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail), or through the ASTM website (www.astm.org).

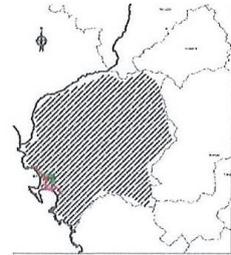
ANEXO N° 8
“PLANO DE UBICACIÓN”



PLANO DE UBICACIÓN
ESC: 1/2500



PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESC: 1/100'000



LOCALIZACIÓN PROVINCIA

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TÍTULO: "Elaboración del estudio de ubicación y localización de la PEI propuesta en el Área Reservada Huancayo-Huayacoma, Huancayo-Perú"		UNIDAD: U-01	
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN			
DATO: AÑO DE ELABORACIÓN: 2010	AUTOR: ING. J. J. GARCÍA BARRERA	INSTITUCIÓN: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	ESCUELA: INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N° 9
“PANEL FOTOGRAFICO”

FOTOS DE CAMPO

Calicata C-01 en la Mz. E



Calicata C-02 Mz. B



Calicata C-03 Mz B'



Calicata C-04 Mz A



Calicata C-05 Mz. Á



FOTOS EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO

Ensayo Granulométrico



Ensayo de contenido de humedad



Ensayo de Proctor modificado



Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

