

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Estabilización artesanal de suelos blandos aplicando
geoceldas elaborados con botellas de PET - Huancayo,
2022**

Jhon Carlos Cristobal Rivera

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : FELIPE GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Augusto Elías García Corzo
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO: Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 23 de MAYO de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“ESTABILIZACIÓN ARTESANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022”**, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

• Filtro de exclusión de bibliografía

SI NO

• Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI NO

(Nº de palabras excluidas: 15)

• Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Augusto Elías García Corzo
ASESOR de tesis

Cc.
Facultad
Interesado(a)

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, Miriam y Luciano, por todo el apoyo y el sacrificio que hicieron para lograr mis metas y mis sueños.

A mi hermana, Nicol, por brindarme su apoyo y cariño incondicional en todo este trayecto. A mis tíos, Nora y Carlos, por sus consejos, por inculcarme la responsabilidad y que nunca me rinda.

Finalmente, a mis amigos, por ser mis acompañantes en los momentos difíciles y ayudarme a superar los obstáculos. En serio, gracias a todos y vamos por más.

DEDICATORIA:

A mis padres, Miriam y Luciano, quienes me brindaron su inmenso amor y apoyo para lograr mis metas. Me enseñaron la perseverancia en todo este camino y a no tener miedo ni a decaer, porque Jehová siempre me acompaña.

A mis abuelos, Celia y Demetrio, que no me vieron graduarme, pero sé que estarían muy orgullosos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Formulación del problema	15
1.1.1. Problema general	15
1.1.2. Problemas específicos.....	15
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. Justificación del Problema	16
1.4. Delimitación de la investigación.....	16
1.4.1. Temporal.....	16
1.4.2. Social	17
1.4.3. Ambiental	17
1.5. Hipótesis.....	17
1.5.1. Hipótesis General	17
1.5.2. Hipótesis Específica	17

1.6.	Operacionalización de Variables.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		19
2.1	Antecedentes Nacionales.....	19
2.2	Antecedentes Internacionales	22
2.3	Base teórica	27
2.3.1	Botellas de PET	27
2.3.2	Conferencia de la Asociación de Transporte de Canadá.	27
2.3.3	Geoceldas SA tecnología de confinamiento celular	27
2.3.4	Sistema de geoceldas	30
2.3.5	Características De La Geocelda.....	32
2.3.6	Método De Diseño	33
2.3.7	Deflectometría de impacto.....	35
2.3.7.1	Características técnicas Deflectómetro de Impacto Liviano	37
2.3.7.2	Especificaciones LWD	37
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....		39
3.1	Método y Alcance de la investigación	39
3.2	Tipo de investigación	39
3.3	Nivel de la Investigación.....	39
3.4	Diseño de la Investigación	40
3.5	Población y Muestra.....	40
3.5.1	Población.	40
3.5.2	Muestra.	40
3.6	Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.....	40
3.6.1	Técnica de recolección de datos	40
3.6.2	Instrumento de la investigación.....	41
3.7	Procedimientos de recolección de Datos.....	41

3.7.1	Grado de confiabilidad	41
3.7.2	Tratamiento estadístico.....	42
3.7.3	Pruebas estadísticas	42
3.8	Lugar de Ejecución.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
4.1	Trabajos previos	43
4.1.1	Descripción de la zona del proyecto de investigación.....	43
4.2	Deflectometría y Módulo de resiliencia Diámetro de 5cm	47
4.2.1	Deflectometría de los geoceldas de botellas PET zona 1	47
4.2.2	Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1.....	52
INTERPRETACIÓN 01.....		55
4.3	Deflectometría y Módulo de resiliencia Diámetro de 7.5cm	56
4.3.1	Deflectometría de las geoceldas de botellas PET zona 2.....	56
4.3.2	Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1.....	61
INTERPRETACIÓN 02.....		65
4.4	Deflectometría y Módulo de resiliencia Diámetro de 7.5cm	65
4.4.1	Deflectometría de las geoceldas de botellas PET zona 3.....	65
4.4.2	Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1.....	71
INTERPRETACIÓN 03.....		74
4.5	Sistema convencional de reemplazo de material.....	75
INTERPRETACIÓN 04.....		75
DISCUSIÓN		76
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES.....		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80
ANEXO.....		82

Matriz de consistencia	82
Certificados.....	83
Panel fotográfico.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	17
Tabla 2 Valores mínimos ensayo DMA.....	33
Tabla 3 Valores típicos de MIF	34
Tabla 4 Criterio de Decisión e Interpretación.....	41
Tabla 5 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm	47
Tabla 6 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm ..	49
Tabla 7 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm ..	50
Tabla 8 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm	52
Tabla 9 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm	53
Tabla 10 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm	54
Tabla 11 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm	56
Tabla 12 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm	57
Tabla 13 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm	59
Tabla 14 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm	62
Tabla 15 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm	64
Tabla 16 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm	65
Tabla 17 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm	67
Tabla 18 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm	69

Tabla 19 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm	71
Tabla 20 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm	72
Tabla 21 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm	73
Tabla 22 Costo del corte de material suelto hasta nivel subrasante.....	75
Tabla 23 Costo de reemplazo de material de la subrasante	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista de Geocelda convencional	30
Figura 2 Geoceldas en concesión vial Devinorte.....	30
Figura 3 Temperatura vs. Módulo elástico	31
Figura 4 Esfuerzo vs. Deformación	32
Figura 5 Distribución del confinamiento en la zona reforzada.....	34
Figura 6 Mapa Distrital de Saño	43
Figura 7 Ubicación de terreno mejorado con geoceldas.....	43
Figura 8 Zona de trabajo en el distrito de Saño, regado de plataforma para compactación. ...	44
Figura 9 Referencia de los tramos propuestos	44
Figura 10 Deflectómetro de Impacto	45
Figura 11 Medición de los puntos con el deflectómetro de impacto dentro de los tramos marcados.	45
Figura 12 Medición y corte de las botellas PETS de 5, 10 y 15 cm para armar las geoceldas.	46
Figura 13 Vista de la geocelda tipo panel de botellas de plástico.	46
Figura 14 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm.	48
Figura 15 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm	50
Figura 16 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm	51
Figura 17 Promedio de la deflexión diámetro 5cm.....	52
Figura 18 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm	53
Figura 19 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm	54
Figura 20 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm	55

Figura 21 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm	57
Figura 22 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm	59
Figura 23 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm	60
Figura 24 Promedio de la deflexión diámetro 7.5cm	61
Figura 25 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm	62
Figura 26 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm	63
Figura 27 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm	63
Figura 28 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm	64
Figura 29 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm	67
Figura 30 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm	68
Figura 31 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm	70
Figura 32 Promedio de la deflexión diámetro de 10cm	70
Figura 33 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm	72
Figura 34 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm	73
Figura 35 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm	74

RESUMEN

En la siguiente investigación, se desarrolló una evaluación de la subrasante, para lo cual fue necesario observar el suelo blando de la ciudad de Huancayo, donde se pudo observar defectos estructurales, se decidió utilizar geoceldas botella PET. la estructura del pavimento se encuentra La superficie, por lo general consistente con el suelo natural sobre el que se pavimenta el pavimento.

La investigación tiene como objetivo determinar en qué medida las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabiliza los suelos blandos en la ciudad de Huancayo, específicamente en el distrito de Saños.

En tal sentido, la investigación se basó en tres zonas, cada una con un diámetro de 5, 7.5 y 10cm, con las alturas de 5, 10 y 15cm esto se refiere a la altura de botella, se pasó a ensamblar las geoceldas para posterior realizar el ensayo de deflectometría. Por último, se calculó el costo de la subrasante.

-Para la primera zona, se promedió los datos de la deflexión de la subrasante, donde nos da 1.095mm para la deflexión de la subrasante sin estabilizar y para la subrasante estabilizada un 0.990mm.

-Para la segunda zona, nos da un resultado de 1.185mm para la subrasante y para la subrasante estabilizada se tiene un promedio de 0.908mm.

-Para la tercera zona, nos da un resultado de 1.229mm para la subrasante y para la subrasante estabilizada un promedio de 0.657mm.

Se concluye que, para un diámetro de 5 cm, la medida en que mejora es en un 10.6%, para un diámetro 7.5 cm la mejora es un 30.5% y para un diámetro de 10cm la mejora es de un 87%, por lo que las geoceldas de botellas PET mejoran el suelo blando.

Palabras clave: Geoceldas, subrasante, botellas PET

ABSTRACT

For the following investigation, the evaluation of the subgrade was developed, for this, the soft soils in the city of Huancayo had to be observed, where the deficiency for the structure could be observed, where it was decided to improve this type of soil with the bottle geocells. The subgrade is the surface where the pavement structure is located, generally consistent with the natural soil available where the pavement is made.

The objective of the research is to determine to what extent the handmade geocells made with PET bottles stabilize the soft soils in the city of Huancayo, specifically in the district of Saños.

In this sense, the investigation was based on three zones, each one with a diameter of 5, 7.5 and 10cm, with heights of 5, 10 and 15cm, this refers to the height of the bottle, the geocells were assembled to later carry out the deflectometry test. Finally, the cost of the subgrade was calculated.

-For the first area, the data for the deflection of the subgrade was averaged, where it gives us 1,095mm for the deflection of the unstabilized subgrade and 0.990mm for the stabilized subgrade.

-For the second area, it gives us a result of 1,185mm for the subgrade and for the stabilized subgrade there is an average of 0.908mm.

-For the third area, it gives us a result of 1,229mm for the subgrade and for the stabilized subgrade an average of 0.657mm.

It is concluded that for a 5 cm diameter the improvement is 10.6%, for a 7.5 cm diameter the improvement is 30.5% and for a 10 cm diameter the improvement is 87%, so the geocells of PET bottles improve soft soil.

Keywords: Geocells, subgrade, PET bottles

INTRODUCCIÓN

El relevamiento actual recomienda iniciar la rehabilitación de calles completas, peatonales y ciclovías para el acceso vehicular, donde se busquen sistemas de estabilización efectivos, además el mejoramiento puede alcanzar costos muy elevados, por otro lado, estos también se encarecen, hay falta de información sobre ellos en nuestro país.

Por lo tanto, una buena plataforma es muy importante para la mejora de la superficie de la carretera. Este estudio cree que es conveniente utilizar botellas de PET para hacer geoceldas, que pueden reducir los materiales frecuentemente contaminados y reducir el costo de las plataformas. Comparando los resultados del material de relleno utilizado para la subrasante, los valores de deflexión de la subrasante para la subrasante con suelo no estabilizado y suelo estabilizado con geoceldas, da una idea del grado de mejora de la propuesta.

En este sentido, este estudio aplica métodos para determinar la deflexión y el módulo de resiliencia de subrasantes y subrasantes estabilizados. Esta encuesta se divide en cuatro capítulos:

CAPÍTULO I:

Consta del planteamiento del problema

CAPÍTULO II:

Consta del marco teórico

CAPÍTULO III:

Consta del diseño metodológico

CAPÍTULO IV:

Consta de los resultados obtenidos y la discusión

Por último, se adjuntaron todos los anexos respectivos de los distintos ensayos realizados para la presente investigación, así como la matriz de consistencia y el panel fotográfico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ingeniería vial se basa en subsuelos estables y con buenas propiedades, por lo que la subrasante es la superficie sobre la que descansa la estructura del pavimento, generalmente consistente con el suelo natural sobre el que descansa el pavimento. Sin embargo, a veces el suelo es de mala calidad y necesita ser reemplazado, mejorado o estabilizado para aumentar su rendimiento y capacidad de carga para cumplir con los requisitos mínimos para su uso como pavimento flexible o soporte de pavimento rígido. Para cumplir con la vida útil esperada de la capa de pavimento, debe tener propiedades físicas favorables de la subrasante (terreno natural), pero el material blando del suelo tiene propiedades físicas desfavorables para la ingeniería vial, por lo que la estabilidad del suelo debe ser mejorado, de lo contrario no se cumplirán los requisitos mínimos. En algunos casos, la capa de suelo del pavimento debe ser de mayor espesor y el costo del material influye en los costos del proyecto a lo que es relativamente alto. Hay mucha arcilla (suelo blando) en las carreteras de la región amazónica y no hay material granular adecuado cerca del proyecto, por lo que la solución puede ser muy costosa. En este sentido, cualquier investigación que proponga formas alternativas de estabilización contribuye al desarrollo de programas viales a nivel nacional e internacional.

1.1. Formulación del problema:

1.1.1. Problema general

¿De qué manera las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabiliza los suelos blandos - Huancayo 2022?

1.1.2. Problemas específicos

- i. ¿En qué medida las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en las deflexiones de la subrasante de suelo blando - Huancayo 2022?
- ii. ¿En qué modo las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en el módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2022?
- iii. ¿En qué sentido las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influye en la reducción de espesores de pavimentos y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2022?

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General:

Identificar en qué medida las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabilizan los suelos blandos - Huancayo 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- i. Determinar en qué medida las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en las deflexiones de la subrasante de suelo blando - Huancayo 2022.
- ii. Indicar en qué modo las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en el módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2022.
- iii. Definir en qué sentido las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influye en la reducción de espesores de pavimentos y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2022.

1.3. Justificación del Problema

Los sistemas de recintos de geoceldas recicladas se utilizan para estabilizar suelos blandos, estas geoceldas se componen principalmente de cavidades interconectadas similares a las geoceldas de panal tradicionales. Mediante un proceso de compactación uniforme, forman una superficie altamente resistente a la flexión que se comporta como si fuera semirrígida. Según el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (IDU, 2011), la placa “provocará una distribución lateral de la carga aplicada y reducirá la presión de contacto”. Esto beneficiará áreas de arcilla usada y cavidades, y áreas que carecen de material granular de canteras adecuadas. Se utiliza para pavimentar. Se espera que el uso de sistemas de contención con geoceldas aumente la estabilidad de los suelos naturales y evite el movimiento lateral.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Temporal

El estudio actual requirió 6 meses de pruebas de campo, lo cual fue fundamental para comprender los datos y el análisis posterior. Estos datos son necesarios para alcanzar los objetivos fijados para su implementación desde septiembre de 2022 hasta febrero de 2023.

1.4.2. Social

Los resultados de este trabajo de investigación tendrán un impacto positivo, ya que la solución técnica propuesta es una alternativa de bajo costo al uso de materiales contaminantes, dándoles nuevos usos útiles. En este sentido, reduce el costo de estabilización de caminos y al mismo tiempo contribuye con el medio ambiente ya que propone la reutilización de botellas PETS usadas.

1.4.3. Ambiental

El estudio plantea el uso de botellas de PET usadas y propone la reutilización conjunta de estos residuos, ligados en una disposición tipo panel, ofreciendo una posibilidad ambientalmente amigable para el área de alcance del proyecto ya que se consideran materiales desechables, a los cuales se le está dando una segunda vida.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabilizan los suelos blandos - Huancayo 2022.

1.5.2. Hipótesis Específica

- i. Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, reducen las deflexiones de la subrasante de suelo blando - Huancayo 2022.
- ii. Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, incrementan el valor del módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2022.
- iii. Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, reducen el espesor y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2022.

1.6. Operacionalización de Variables

Tabla 1 Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)	INDICADORES
X1: geoceldas artesanales de botellas PET	<ul style="list-style-type: none">- Diámetro de botella reciclada- Espesor de la lámina de botella reciclada

	- Altura de la botella reciclada
VARIABLE DEPENDIENTE (VD)	INDICADORES
Y1: propiedades mecánicas de la subrasante y Costos	<ul style="list-style-type: none"> - Deflexiones Do - Módulo de resiliente - Espesor de capas de pavimentos. (cm) - Costo unitario S/.m2

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Nacionales

Según (Mattos Espinoza, 2019), en su investigación titulada “Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento”, se muestra que a lo largo de toda la extensión del territorio peruano podemos encontrar suelos con diferentes propiedades, pero para los suelos arcillosos con baja resistencia al corte, cuando se utilizan como suelos de fundición para el diseño de pavimentos se produce una gran capa de partículas. El espesor de la capa asfáltica implica altos costos y tiempos de construcción. En consecuencia, se han realizado varias mejoras a la arcilla, como la aplicación de productos químicos, métodos mecánicos, mejora de productos de asfalto y uso de geosintéticos. En este artículo, se investigan las ventajas de los sistemas de envolvente celular en proyectos viales que utilizan geoceldas a nivel de subrasante. Mediante el cálculo del programa WinDepav v2.6, se realiza un nuevo diseño correspondiente al pavimento flexible. nuevo mecanismo. Mejora y reducción del espesor de la capa granular. La mejora vial es muy impresionante tanto para nuestros modelos reales como académicos, ya que ha aumentado de 27,63 MPa a 287,32 MPa. Debido al efecto de la aplicación del sistema de envolvente celular en caminos de ingeniería vial, se puede observar que el módulo elástico de la capa adyacente produce la mayor mejora, si la capa adyacente es la capa base, aumenta de 108,87 MPa a 141,54 MPa, en este estudio 152,42 MPa, si la capa adyacente es la capa base, el aumento máximo aumenta de 134,04 MPa a 187,65 MPa, un aumento del 40,00% en ambos casos. En comparación con lo que puede soportar nuestro modelo real, muestra una deflexión inicial de 2,33 mm, de todos modos, este límite no se puede superar, ya que nuestro proyecto fracasará. Por lo tanto, en el análisis se eliminó la capa de material de la sub-base, y se combinó el análisis con el mejoramiento de la subrasante, y finalmente la deflexión fue de 1.12 mm. En este caso, el impacto de la pasarela en la habitación se redujo en un 51,93% después de mejorarlo con la geomalla Neoweb.

Según (Quijada, 2019), en su investigación titulada “Uso de geoceldas en pavimentos flexibles usadas en los últimos 10 años”, se muestra que el propósito de este trabajo es realizar una revisión sistemática seleccionando un estudio comparativo entre pavimentos flexibles con y sin geoceldas. El estudio utilizó como parámetros la estrategia de búsqueda y los criterios de inclusión/exclusión de artículos científicos relevantes. investigue los temas, registre datos de

cada estudio y realice su propio análisis cuantitativo de cada estudio analizado y revisado. Debido a las exigencias de los métodos de investigación científica, el principal criterio de análisis es la pregunta de investigación del tema, a partir de la cual se consideran los objetivos e hipótesis, se considere o no la literatura de investigación y la estadística aplicada en la revisión sistemática. Recoger técnicas de diferentes estudios y realizar un análisis cuantitativo de los resultados. Además, la investigación muestra que el mantenimiento es un elemento clave de la competitividad y la calidad. Se realizaron búsquedas de información en bases de datos de fuentes confiables desde 2009 hasta 2019, con base en una revisión de la literatura científica de los últimos años. “Desarrollada en la última década para aprovechar al máximo el papel de las geoceldas en pavimentos flexibles”. Revisar todo lo relacionado con el uso de geoceldas en pavimentos flexibles en la última década en cuanto a calidad de escritos, artículos científicos, revistas y libros de los últimos 10 años. Es necesario evaluar esta información y utilizar las siguientes palabras clave: uso de geoceldas en pavimentos flexibles, para cada tipo de revestimiento, para mostrar criterios generales que inciden en el concepto y diseño de estas estructuras. Luego de implementar el diseño se procedió a analizar el suelo y la estabilidad de taludes según el código de construcción peruano CE 020 como variables relativamente definidas, los resultados obtenidos mostraron los problemas relacionados con el nivel de grietas en el pavimento flexible y cómo minimizar el impacto de grietas Riesgo de grietas a pesar de las restricciones geográficas.

Según (Chávez Díaz, y otros, 2021), en su investigación “Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geocelda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana”. Los resultados muestran que, en la selva peruana, uno de los principales problemas que afectan el desarrollo de proyectos de pavimentación son las lluvias continuas, cuyo tamaño e intensidad son difíciles de predecir, ya que pueden ocasionar inundaciones e interrupción de los recursos de trabajo, afectando la rentabilidad o provocando pérdidas a los agricultores, contratistas. El objetivo de este trabajo es aumentar la productividad de la mano de obra y equipos para proyectos de pavimentación de carreteras en la selva peruana. El pavimento del proyecto consiste en una base de suelo de cemento y una superficie rodante compuesta por geoceldas y grava. Además, la propuesta de pavimento indicará la necesidad de herramientas de gestión en la ejecución de la obra. En el Capítulo 2, desarrollaremos las bases teóricas de la productividad y los pavimentos. Luego, en el Capítulo 3, enumeramos proyectos en la selva peruana que han sido

postpuestos y/o suspendidos debido a las lluvias. Una solución es la propuesta que presentaremos en el Capítulo 4, que describe los pasos para aumentar la productividad en el proceso de construcción y aplicar herramientas de gestión como el valor ganado, la productividad exponencial y el análisis de brechas. En el Capítulo 5, los pasos descritos en el capítulo anterior deben aplicarse a proyectos con sobrecostos y retrasos. Se propone un sistema de pavimentación mejorado cambiando la estructura del pavimento, el proceso de construcción y el uso de herramientas de control. La base y la banda de rodadura, que consisten en geoceldas y grava, son parte del pavimento mejorado que no se dañará con el agua de lluvia, pero proporcionará un drenaje adecuado durante la instalación y puesta en marcha. Aunque el precio unitario de la base cemento-suelo es superior al confirmado, su resistencia es 5 veces superior a la compactación confirmada, por lo que el tiempo de instalación es menor y el espesor es menor. La primera semana que la herramienta Gestión del valor ganado ayuda a determinar el impacto es la tercera semana, esta es la primera semana de retraso y se debe tomar la decisión de cambiar el sustrato para que sea menos susceptible a la lluvia. Al analizar los indicadores base identificados de la productividad del proyecto por hora-hombre, identifique el tiempo de inactividad hipotético y/o los inconvenientes de mantenimiento, considere obras de drenaje temporales para condiciones inseguras debido a actividades como el bombeo y la degradación del rendimiento después de que haya cesado la lluvia. El número de horas-hombre utilizadas para instalar la malla romboidal fue el 15 % de las horas-hombre utilizadas para confirmar las mejoras en los puntales, lo que indica una demanda relativamente baja de neumáticos. Las horas de mano de obra dedicadas a la instalación de piedra triturada representaron el 21 % de las horas de mano de obra dedicadas a confirmar las mejoras de los cimientos, lo que indica un bajo requerimiento de mano de obra para rodar la cara. En el análisis de brechas, se determinó que los materiales como materiales de confirmación, grava y geoceldas son los recursos que tienen mayor impacto en el presupuesto final, y son estos materiales a los que se debe prestar atención y algunas sugerencias para la mejora continua. fueron puestos adelante desde el inicio del proyecto.

Según (Aguinaga, 2016), en su investigación titulada “Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña”. Se utilizaron tres variables técnicas para comparar el efecto de los dos revestimientos sobre la erosión de los bancos. Los liners analizados fueron colchones de gaviones y geoceldas rellenas de hormigón, mientras que las variables definidas para la comparación fueron la resistencia a la erosión y la durabilidad,

la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección. Para permitir una comparación objetiva de las variables definidas, se propone como marco de referencia para evaluar las condiciones de diseño del revestimiento el ejemplo del proyecto de defensa fluvial del río Tumbes-Zarumilla. El proyecto River Defense se implementa en el marco de la cooperación entre Perú y Ecuador para reducir el impacto de las inundaciones provocadas por las oscilaciones climáticas en el sur, conocido como el fenómeno “El Niño”. Se utilizaron tres variables técnicas para comparar el efecto de los dos revestimientos sobre la erosión de los bancos. Los liners analizados fueron colchones de gaviones y geoceldas rellenas de hormigón, mientras que las variables definidas para la comparación fueron la resistencia a la erosión y la durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección. Para permitir una comparación objetiva de las variables definidas, se propone como marco de referencia para evaluar las condiciones de diseño del revestimiento el ejemplo del proyecto de defensa fluvial del río Tumbes- Zarumilla. Se han desarrollado estándares dimensionales para estructuras de revestimiento de colchones de gaviones y unidades geotécnicas rellenas de hormigón para evitar la erosión de las riberas de los ríos. De esta forma, las variables pueden identificarse correctamente y las dimensiones típicas de la sección transversal para ambos recubrimientos pueden determinarse utilizando estándares establecidos. A través del análisis de varias resistencias a la erosión y durabilidad, se determinó que las geoceldas rellenas de concreto serían el recubrimiento más adecuado debido a su mayor velocidad de resistencia crítica y mejor rendimiento de resistencia.

2.2 Antecedentes Internacionales

Según (Angie Catalina Suspes Páez, 2018), en su investigación titulada “Tramo de prueba con estructura convencional y la implementación de geoceldas en la cl. 128a entre tv 60 y ak 72 Bogotá”. Muestra 5 secciones definidas como estructuras diferentes, donde I, II y III fueron diseñadas por UAERMV, y las secciones IV y V fueron diseñadas por el proveedor de geoceldas. Luego del inicio de las actividades de excavación, se realizaron pruebas CPD para la obtención del CBR, debido a la presencia de individuos, se demostró que se definieron 5 tramos como estructuras diferentes, donde I, II y III fueron diseñados por la UAERMV, y los tramos IV y V fueron proporcionados por el diseño del proveedor de geoceldas. Posterior al inicio de las actividades de excavación, se realiza una prueba CPD para obtener el CBR, este parámetro cambia levemente en el carril izquierdo por la presencia de árboles individuales, invadiendo la vía y afectando la deformación de la vía por la presencia de humedad. La estructura propuesta adopta la capa existente. Sin embargo, los datos obtenidos no se

encuentran dentro del rango que representa la capacidad portante de la estructura del pavimento construido, por lo que se modela la estructura en tres capas. En comparación con la estructura original ensayada por PCD, la estructura con mayor mejora en el terraplén fue la Geocell Fill Mill IV, que proporcionó hasta 10 veces el módulo inicial, la que menos aportó fue la estructura en V, ya que tuvo el mejor CBR inicial. estructura, La aportación es el triple de la del módulo inicial. De acuerdo con el rango de valores del parámetro área, 21-30 es la estructura de capa asfáltica gruesa, que se refleja en las secciones I, II y III, y 16-21 es la estructura de capa asfáltica delgada, que es la cuarta y quintas secciones. El índice de curvatura de la superficie ICS es más alto para aquellas estructuras con menor capacidad estructural, es decir, estructuras con geoceldas, ya que el espesor de la primera parte es de 10 cm y el espesor de la parte de la geocelda es de 7,5 cm. El índice de daño de la capa base del BID muestra que el desempeño de la sección V es pobre, y el mejor desempeño es la estructura I, que está mezclada y rota por una cierta proporción de capa asfáltica, capa base granular y sub-base estratificada en una proporción del 70%-30%. En comparación con las partes IV y V, los números de estructura efectivos (SN eff) de las partes I, II y III tienen mejores capacidades estructurales. La parte más cara es la V, que corresponde a la geocelda rellena con la base granular, y la parte más barata es la II, que es el método tradicional sin piedra de rajón, comparando las partes IV y V con las geoceldas se observa que la parte para fresar es más económica. La tercera sección es la de mayor desempeño, seguida de la segunda sección, seguida de la primera sección, y la de menor desempeño es la unidad geotécnica ósea, la cuarta sección, la quinta sección, es decir que este personal podrá realizar las labores ordinarias. sección porque entiende y Posee el conocimiento experiencial para realizar estas actividades. Las unidades de mantenimiento de carreteras pueden reducir la generación de RCD, usando fresado mixto de material base o fresado de relleno de geoceldas, debido a que este material tiene un buen rendimiento del árbol, este parámetro cambia ligeramente en el carril izquierdo, invade el camino y afecta la deformación del camino. la presencia de humedad. La estructura propuesta se modeló utilizando el número de capas existente, pero los datos obtenidos no estaban dentro del rango que representa la capacidad portante de la estructura del pavimento construido, por lo que la estructura se modeló utilizando tres capas. En comparación con la estructura original ensayada por PCD, la estructura con mayor mejora en el terraplén fue la Geocell Fill Mill IV, que proporcionó hasta 10 veces el módulo inicial, la que menos aportó fue la estructura en V, ya que tuvo el mejor CBR inicial. estructura, La aportación es el triple de la del módulo inicial. De acuerdo con el rango de valores del parámetro área, 21-30 es la estructura de capa asfáltica gruesa, que se refleja en las secciones I, II y III, y 16-21 es la estructura de capa asfáltica

delgada, que es la cuarta y quintas secciones. El índice de curvatura de la superficie ICS es más alto para aquellas estructuras con menor capacidad estructural, es decir, estructuras con geoceldas, ya que el espesor de la primera parte es de 10 cm y el espesor de la parte de la geocelda es de 7,5 cm. El índice de daño de la capa base del BID muestra que el desempeño de la sección V es pobre, y el mejor desempeño es la estructura I, que está mezclada y rota por una cierta proporción de capa asfáltica, capa base granular y sub-base estratificada en una proporción del 70%-30%. En comparación con las partes IV y V, los números de estructura efectivos (SN eff) de las partes I, II y III tienen mejores capacidades estructurales. La parte más cara es la V, que corresponde a la geocelda rellena con la base granular, y la parte más económica es la II, que es el método tradicional sin piedra de rajón; comparando las partes IV y V con las geoceldas se observa que son piezas más económicas para el fresado. La tercera sección es la de mayor desempeño, seguida de la segunda sección, seguida de la primera sección, y la de menor desempeño es la unidad geotécnica ósea, la cuarta sección, la quinta sección, es decir que este personal podrá realizar las labores ordinarias, porque entiende y posee el conocimiento experiencial para realizar estas actividades. Las unidades de mantenimiento de carreteras pueden reducir la generación de RCD mediante el uso de sustrato mezclado con fresado o fresado de relleno de geoceldas debido a las buenas propiedades de este material.

Según (Ramírez, 2015), en su investigación “Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas”. Los resultados muestran que, para el diseño del pavimento analizado en este documento, el espesor del pavimento se puede reducir en 33 cm, lo que representa aproximadamente el 28 % del espesor total, al reemplazar la base granular con una base reforzada con geoceldas. El espesor reducido de la estructura del pavimento no solo significa menores costos debido a la menor excavación y compactación del material granular, sino que también reduce el tiempo de construcción. Además, la instalación de geoceldas también es muy sencilla. Con base en los estudios realizados, la estructura de pavimento de diseño convencional de 118 cm de espesor estaría directamente sobre una capa de limo arenoso detectada a una profundidad de 0,90 m. Asimismo, cuando se utilizan geoceldas para reducir el espesor total del pavimento a 85 cm, hay que confiar en el limo orgánico allí detectado. Pero para aclarar, aunque se eliminará la mayor parte del material orgánico, la mejora sugerida del desnivel de 25 cm garantizaría en cualquier caso un buen desempeño del pavimento, al reemplazar la mayor parte del suelo de soporte con propiedades geomecánicas. bajo. Las geoceldas pueden funcionar satisfactoriamente sólo si se asegura que

el material que llena la geocelda sea granular, incluso si sus especificaciones son inferiores a las que normalmente requieren las diferentes entidades. Aunque el diseño presentado en este artículo solo pretende demostrar la reducción del espesor de la estructura del pavimento obtenida mediante el uso de geoceldas, se puede encontrar que la aplicación significativa de esta reducción está limitada por el nivel de construcción o solo por las tuberías utilizadas. Se permite una cierta profundidad de excavación bajo las siguientes condiciones.

Según (Juan David Garzón Florian, 2019), en su investigación titulada “Estudio de alternativa para la estabilidad de un suelo utilizando materiales reciclables vs geoceldas convencionales”. Demuestra que la cuadrícula geográfica es un sistema de restricción de cuadrícula tridimensional. Mediante la creación de suelos artificiales se puede lograr una buena compactación y buen drenaje del terreno, haciéndolo fuerte y estable, en varios proyectos del sector vial colombiano. Este método era común y luego se cambió a grandes rocas (rajón), dando como resultado un nuevo método de construcción. En el trabajo actual, podremos demostrar que las geoceldas convencionales son más resistentes al suelo y, a través de nuevas técnicas de reciclaje, veremos la diferencia entre el suelo y las geoceldas convencionales y experimentales, así como la diferencia del suelo no reforzado. Esta técnica de construcción existe desde hace décadas y gana aceptación cada día entre las principales empresas y entidades productoras de sus usos. Con cada nuevo descubrimiento o intervención de un prototipo experimental, su implementación cobrará mayor fuerza, ya que el mercado se inunda con todo tipo de materiales de este tipo. Es bien sabido que estas tecnologías que contribuyen a mejorar la resistencia de las carreteras aún no han sido invertidas en estas tecnologías debido a los altos costos de mercado, por lo que existe la necesidad de encontrar soluciones utilizando materiales sostenibles y de bajo costo. La misma manipulación se aplica a la resistencia del suelo para aumentar la diversidad del suelo. Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio y las fechas de este documento, podemos determinar que lo mejor es utilizar materiales de refuerzo para aumentar el grado de compactación, creando así una mayor resistencia en la capa de suelo, por lo que la capa asfáltica o bituminosa de cualquiera de los pavimentos no se deteriorará rápidamente. Con base en los resultados, podemos determinar que la geocelda sintética Columbia convencional es la que produce la mayor resistencia para convertir una mala base de camino en una mejor base de camino. En resumen, podemos concluir que las geoceldas de atún enlatado también produjeron una relación de refuerzo más alta que el suelo no reforzado y estuvieron en el rango de 1:2 respectivamente en las pruebas de compresión. Las geoceldas

Tuna Pot se utilizan en una proporción de 1:2 para aumentar la resistencia del suelo y son menos costosas de producir que las geoceldas convencionales. En la prueba de estrés, la tasa de daño de la geocelda de atún enlatado alcanzó el 60% de la geocelda tradicional, lo que significa que no solo se puede construir, sino que también contribuye mucho a la fuerza axial del piso. De este documento podemos estar seguros de que la construcción de geoceldas reciclables para los tipos de suelo estudiados es factible, en línea con su principal objetivo de aumentar la resistencia del suelo a la compactación y generar así una mayor estabilidad.

Según (Salinas Suárez John Edwards, 2019), en su investigación titulada “Estudio comparativo de estabilización de suelos base (suelos expansivos) utilizando cal, sal y celdas geotécnicas en vías nuevas de la parroquia bajadita de Kolonsh de la parroquia Kolonsh” demuestra que el estudio se basó en suelos expansivos presentes en la comuna de Bajadita de Colonche, Estado de Santa Elena, usando tres métodos para estabilizarlos a nivel de subrasante, entre ellos una mezcla de cal y sal y el uso de geoceldas, usando estos elementos para comparar El nivel de resistencia para cada elemento de cada método mejora las propiedades geotécnicas del suelo, reduciendo así su potencial de hinchamiento, y se evalúa la rentabilidad que proporciona cada opción de estabilización. Para lograr los objetivos propuestos, se realizó un minado a cielo abierto para obtener el espesor de la formación a estudiar, y se realizaron pruebas de laboratorio para analizar y experimentar con las combinaciones propuestas y luego aplicar los porcentajes de cada estabilizador. La mezcla se hace con lima al 3%, 5% y 7%, de la misma manera que hacemos con la sal. Para implementar la geocelda, se realizó un estudio del sitio a pequeña escala utilizando geosintéticos en el sitio de investigación y luego se verificó su resistencia eléctrica como un material estable. Se presentan algunos consejos y sugerencias para mejorar el desempeño de los materiales inflables, que pueden ser utilizados en la construcción en general.

2.3 Base teórica

2.3.1 Botellas de PET

Durante el estado de emergencia por la pandemia de la Covid – 19, que comenzó a inicios del año 2020, se incrementó el uso de los plásticos hasta 4 veces a nivel mundial, debido a esto existen cientos de residuos que no se usan de manera adecuada y tardan más de 100 años en descomponerse, las botellas PET (Polietilén Tereftalato) es uno de los materiales más usados en el proceso de reciclaje, se debe a que es la resina con mejores características y se puede emplear en el ámbito de la construcción de distintas maneras.

2.3.2 Conferencia de la Asociación de Transporte de Canadá

La estabilización de geosintéticos (recurso sustentable) ha sido una técnica utilizada para mejorar el desempeño de caminos pavimentados y no pavimentados desde 1970 (Sanat Pokharel, 2010). Uno de los geosintéticos utilizados es la geocelda, un método reciente estudiado en los últimos 15 años (Ymhaiskar y Mandal, 1996), que consiste en polímeros en forma de celdas tridimensionales artificiales dispuestas en forma de panal (Han et al. 2008). La geocelda hizo una gran contribución a la subrasante, aumentando la capacidad de carga de la subrasante, reduciendo el desplazamiento vertical y minimizando su desplazamiento horizontal (Han, et al 2008). Debido a la necesidad de estabilizar el suelo de la subrasante, se han llevado a cabo extensas investigaciones para determinar la efectividad de las geoceldas bajo cargas dinámicas y estáticas (Bousehrian et al., 2010). Según una investigación realizada por (Sanat Pokharel, 2010), los suelos estabilizados con geoceldas tienen un aumento de 1,5 veces en la rigidez, una deformación plástica reducida y un mayor porcentaje de deformación elástica bajo cargas repetidas en comparación con los suelos inestables.

2.3.3 Geoceldas SA tecnología de confinamiento celular

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. desarrolló el primer sistema de confinamiento celular a fines de la década de 1970 como un medio para construir carreteras, pistas de aterrizaje, etc. en terreno blando y proporcionó un sistema invisible que era inmune a las condiciones climáticas húmedas. Determinaron que colocar unidades adyacentes de relleno

de arena de paredes delgadas sobre un terraplén de suelo suelto podría proporcionar una mayor capacidad de carga y soporte que las capas separadas de suelo compactado. (SA, 2014)

De los diversos materiales probados, el polietileno de alta densidad (HDPE/HDPE) fue el mejor material para realizar este producto debido a su durabilidad, longevidad y economía. Los sistemas de cierre celular geocelda se producen desde 1990. El primer cliente, el Departamento de Defensa de EE. UU., compró los 6,4 millones de pies cuadrados (600.000 metros cuadrados) de geocelda para diversas aplicaciones militares durante la Operación Tormenta del Desierto o Tormenta del Desierto. Geo Products obtuvo la licencia del titular de la patente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Pat#4, 797,026), para fabricar materiales de geoceldas hasta que la patente expiró en 2006. El número de licencia es 9807-E-P291. El material geocelda también ha sido aprobado por el Departamento de Defensa de EE. UU.

Las celdas geocelda tienen un peso muy ligero, son sistemas de confinamiento expansibles que crean una barrera contra la erosión de los suelos o una cimentación estructural, de manera muy económica. (SA, 2014)

Las principales aplicaciones son la estabilización de suelos, control de erosión de taludes y canales y muros estabilizados mecánicamente. La planta de fabricación de Geo Products está ubicada en Houston, Texas, EE. UU. y cuenta con la certificación ISO 9001:2008 y la certificación CE de la UE. También está certificado por el Ministerio de Transporte de la Federación Rusa y por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de Panamá. Además, geocelda es un material aprobado por el Departamento de Transporte de los EE. UU. Geo Products vende sus productos a través de una red global de distribuidores que abarcan 7 continentes y una presencia en 50 países.

Estudio del comportamiento de un material de subrasante con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga

A continuación, se describen algunas de las aplicaciones e implementaciones realizadas en la ciudad de Bogotá con el fin de brindar apoyo institucional y técnico a las entidades encargadas del mantenimiento vial de la ciudad de Bogotá para posibilitar el uso rutinario de dichas tecnologías. (Javiriana, 2011)

Como explicamos específicamente, las geoceldas son estructuras tridimensionales dispuestas en un patrón de panal para mejorar el desempeño de los suelos de cimentación del pavimento, y se colocan en la interfaz entre la subrasante y la base para mejorar su desempeño bajo las cargas aplicadas. La acción y asentamiento de los suelos típicos de Bogotá ante la

aplicación de cargas (ciclos monotónicos, de carga y descarga) fueron analizados mediante ensayos de laboratorio. En estos estudios, se generaron modelos incluyendo subrasantes sin ningún tipo de modificación, subrasantes estabilizadas con sistemas convencionales y subrasantes estabilizadas con sistemas de geoceldas. Con base en estos modelos, se evaluó la efectividad del uso de sistemas de geoceldas como alternativa de refuerzo, lo que resultó en una reducción significativa de los asentamientos y las fuerzas verticales. Además, se realizaron pruebas de laboratorio en el tramo de prueba, llegando a las siguientes conclusiones:

Para suelos con propiedades desfavorables ($CBR < 2.5$) es necesario utilizar sistemas de estabilización. Los resultados obtenidos durante el trabajo de investigación demostraron que la tensión y el asentamiento de la subrasante se pueden reducir utilizando sistemas de geoceldas y sistemas convencionales. Aunque ambos son sistemas de estabilización que mejoran el rendimiento de la subrasante, los sistemas de geoceldas con materiales de relleno reducen estos parámetros en mayor medida.

El asentamiento se redujo en un 34% al usar el sistema de geoceldas en comparación con los sistemas de estabilización convencionales. Por otro lado, al utilizar el sistema de geoceldas como alternativa de estabilización, el esfuerzo se redujo en un 53% en comparación con los sistemas de estabilización convencionales.

Considerando la aplicación de ciclos de carga-descarga, es obvio que la deformación plástica es mayor en el sistema estabilizado tradicional y en el sistema no estabilizado, y el 11,7% de la deformación plástica se obtiene en el sistema estabilizado con geoceldas, lo cual no es bueno para la aplicación. de carga y descarga debido al suelo del pavimento, hay mayor resistencia.

Los ciclos de carga y descarga muestran que en un sistema estabilizado con geoceldas se requieren más de 5 ciclos de carga dinámica para lograr la misma deformación que una subrasante inestable cargada estáticamente.

Se debe tener en cuenta que el equipo utilizado para aplicar cargas repetitivas no permite la repetición continua lo cual es una limitante del desarrollo del proyecto, por otro lado, la caja no es una pieza monolítica y no tiene la rigidez suficiente para evitar desplazamientos. excepto en el suelo.

2.3.4 Sistema de geoceldas

Una geocelda es un sistema de confinamiento celular que mejora los módulos de la capa de pavimento al contener material granular dentro de sus celdas, reduciendo así el espesor del material granular. Esto se debe a la creación de un efecto de viga semirrígida que distribuye la carga sobre un área más grande, reduciendo así la tensión en la sub-base y el terraplén [1-2].

La Figura 1 muestra una única geocelda y la Figura 2 muestra cómo se dispondría un grupo de geoceldas en una calzada, que luego se rellenaría con el material granular correspondiente.

Figura 1 Vista de Geocelda convencional



Fuente: Relavera Rumichaca, recrecimiento de muro suelo reforzado etapa 4235.50 msnm capa 3 tramo 0+360 – 0+400

Figura 2 Geoceldas en concesión vial Devinorte



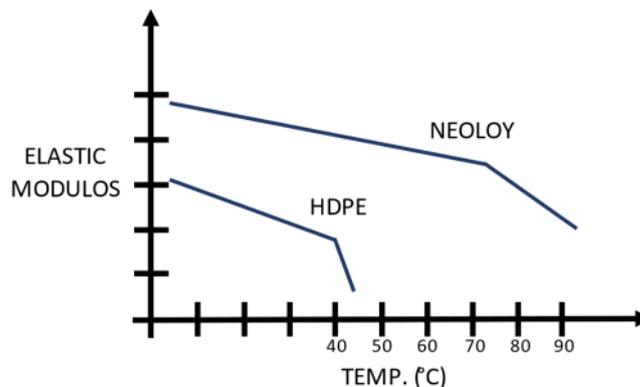
Fuente: Pavco. (2011). Infraestructura vial, concesión vial Devinorte Prog 0+740

El desarrollo de geoceldas comenzó en 1970 con el uso de polietileno de alta densidad (HDPE) por parte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. para probar la viabilidad de construir geoceldas, puentes de acceso táctico, en suelo blando. Posteriormente, a partir de 1980, este nuevo sistema de confinamiento celular se utilizó en ingeniería civil para aplicaciones de arriostamiento temporal o de baja carga, control de erosión de taludes y revestimiento de canales en los Estados Unidos y Canadá.

Luego, alrededor de 2004, comenzaron nuevas investigaciones sobre la tecnología de confinamiento celular y la fabricación de geoceldas para su uso en la construcción de carreteras modernas. Esto requiere geoceldas que combinen la flexibilidad del HDPE con la estabilidad dimensional y la resistencia a la fluencia del poliéster. Por lo tanto, una nueva generación de geoceldas basadas en aleaciones se llama Neoloy.

En la Figura 3, se observa una curva de temperatura versus el módulo elástico para el polietileno de alta densidad (HDPE) y el Neoloy.

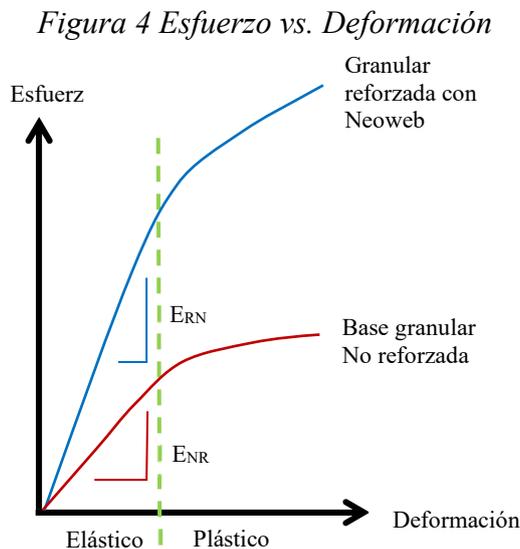
Figura 3 Temperatura vs. Módulo elástico



Fuente: PRS. (2010). Neoweb con Neoloy

Fabricado con capas múltiples de capas altamente duraderas que rodean un material de núcleo de alta resistencia, Neoloy está diseñado para refuerzo estructural en aplicaciones exigentes como ingeniería de autopistas, muros de contención altos y caminos pesados, vías férreas y puertos. El beneficio del uso de geoceldas en la ingeniería vial es la reducción de la capa granular del pavimento, ya que al rellenar las celdas con materiales de tipo granular se brindan módulos elásticos y plásticos elevados, aumentando así la relación tensión-deformación.

A continuación, en la Figura 4, se muestra un diagrama tensión-deformación donde se observa el aporte del material granular reforzado con las geoceldas que actualmente distribuye Pavco. Esta geocelda basada en Neoloy se conoce como Neoweb en el mercado.



Fuente: Pavco. Manual de diseño con geosintéticos

Un estudio de la Universidad de Kansas sobre bases granulares reforzadas con geoceldas reportó el mejor desempeño de las pruebas sobre estos elementos rellenos con diferentes materiales de relleno (áridos bien graduados, residuos de cantera y pavimentación asfáltica). (RAP) brinda soporte en subrasantes débiles.

2.3.5 Características De La Geocelda

Los criterios generales para los materiales que constituyen las geoceldas son los siguientes. Dichos estándares deberán ser verificados en la ficha técnica del producto, teniendo en cuenta que, si no se cumplen los requisitos mínimos, se perderá la validez de la modificación del diseño y su uso.

Comportamiento de tensión y deformación a largo plazo: las pruebas deben realizarse utilizando ciclos de deformación a largo plazo, que simulan el comportamiento a lo largo del tiempo al incluir calor en el material. Lo anterior cumple con la norma ASTM D6652.

Coefficiente de Expansión Térmica: Las pruebas de análisis termo mecánico deben realizarse de acuerdo con la norma ASTM E831, considerando como límite para las geoceldas de 70 a 100 ppm/°C.

Comportamiento a alta temperatura: Se realizará Análisis Mecánico Dinámico (DMA) y se examinará el comportamiento viscoelástico del polímero según la norma ASTM E2254 para determinar el módulo elástico residual a diferentes temperaturas según la siguiente tabla.

Tabla 2 Valores mínimos ensayo DMA

Temperatura (°C)	Módulo Remanente (Mpa)
30	750
45	650
60	550
75	300

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO

Resistencia a la oxidación: la resistencia a la oxidación se determina mediante pruebas de calorimetría diferencial (DSC) de acuerdo con la norma ASTM D3895, donde el tiempo de inducción a la oxidación (OIT) de un polímero para calificar como batería debe ser de al menos 95 minutos.

Resistencia a la degradación UV: El comportamiento bajo la influencia de la radiación UV se mide mediante un ensayo según la norma ASTM 5885 en el que el sistema de confinamiento celular alcanza el umbral de degradación durante un mínimo de 250 minutos.

2.3.6 Método De Diseño

El método utilizado para el diseño de pavimentos geoceldas se basa en la teoría de la mecánica, analizando la estructura en términos de esfuerzos y deformaciones, donde el beneficio de la geocelda se define por el aumento del módulo de elasticidad. Con este enfoque de diseño, el objetivo es definir la deformación máxima permitida cuando se aplica una carga correspondiente al eje de carga. A nivel de la capa asfáltica, en sus fibras subyacentes, se verifican las deformaciones a tracción (criterio de deflexión), ya nivel de subrasante se verifican las deformaciones verticales (criterio de ahuellamiento). En el diseño, el material del pavimento se considera homogéneo, isótropo y horizontalmente infinito. Cabe señalar que el diseño de las geoceldas se basa en el hecho de que solo se deben usar materiales granulares (como arena, grava, subbase granular, base granular, RAP, etc.) para rellenar las geoceldas.

Como se mencionó anteriormente, las geoceldas pueden aumentar el módulo de elasticidad del material dadas las limitaciones del material granular. La relación entre el módulo de un material granular confinado en una geocelda y el módulo de un material no confinado se denomina MIF (Factor de mejora del módulo) y se define de la siguiente manera.

$$MIF = \frac{E \text{ reforzado}}{E \text{ sin refuerzo}}$$

A continuación, la Tabla 3 da valores típicos de MIF, los cuales fueron obtenidos en diversas pruebas sobre materiales granulares con diferentes módulos por diferentes estudios en los últimos años, se observó que, a menor módulo del material de relleno, el MIF mayor y menor mayor el módulo. El módulo del material de soporte, cuanto mayor sea el MIF.

Tabla 3 Valores típicos de MIF

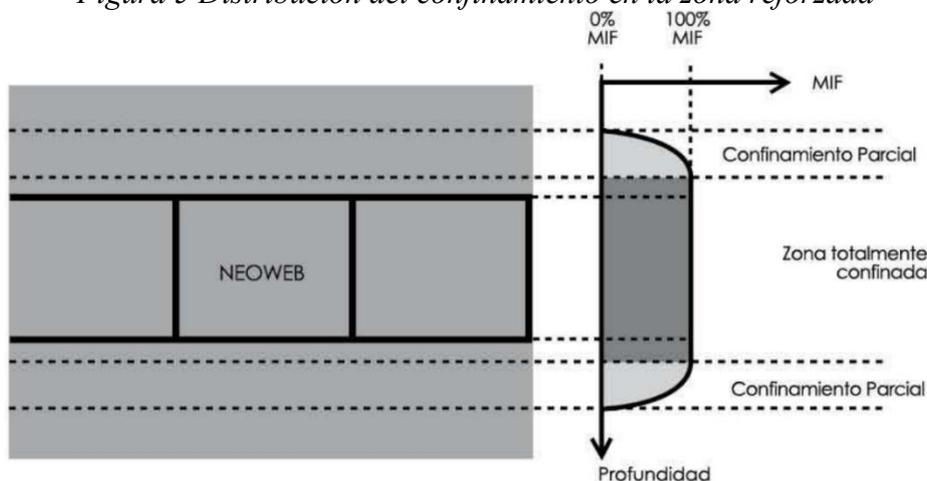
Capa se soporte E _{soporte} (Mpa)	Módulo de material de lleno = E _{llenado} (MPa)				
	80	110	150	200	300
50	4.0	3.6	3.0	2.5	1.8
100	4.2	3.8	3.2	2.8	2.0
150	4.5	4.0	3.4	2.9	2.1
200	4.8	4.2	3.6	3.1	2.2
300	5.0	4.4	3.8	3.3	2.3

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO

De acuerdo con el Manual de Diseño de Geosintéticos PAVCO, las diferentes investigaciones realizadas nos permitieron establecer tres zonas de distribución de confinamiento, donde la zona central tiene confinamiento total, creando una zona de transición en la parte superior e inferior de la geocelda, donde el confinamiento es parcial.

Sin embargo, para efectos de diseño, el área parcialmente confinada no se considera, y el MIF solo es válido para el área completamente confinada correspondiente a la altura de la geocelda (100 a 150 mm), con un aumento de 2 cm por encima y por debajo de ella. Como se muestra en la Fig. 5, la distribución de restricciones se observa en el área reforzada de la geocelda, distribución Pavco (Neoweb).

Figura 5 Distribución del confinamiento en la zona reforzada



Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO

Por todo lo anterior, en el diseño de pavimentos geoceldas se deben seguir los mismos lineamientos para el diseño por método mecánico, pero con módulos mejorados.

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el módulo modificado para los casos en que el espesor de la región completamente confinada es menor que el espesor total de la capa.

$$E_{mod} = \frac{(H_1 \times MIF \times E) + (H_2 \times E)}{H}$$

Donde,

H₁ = Espesor zona totalmente confinada

H₂ = Espesor de la zona no confinada

H = Espesor total de la capa

E = Módulo de elasticidad del material de llenado de la geocelda

2.3.7 Deflectometría de impacto

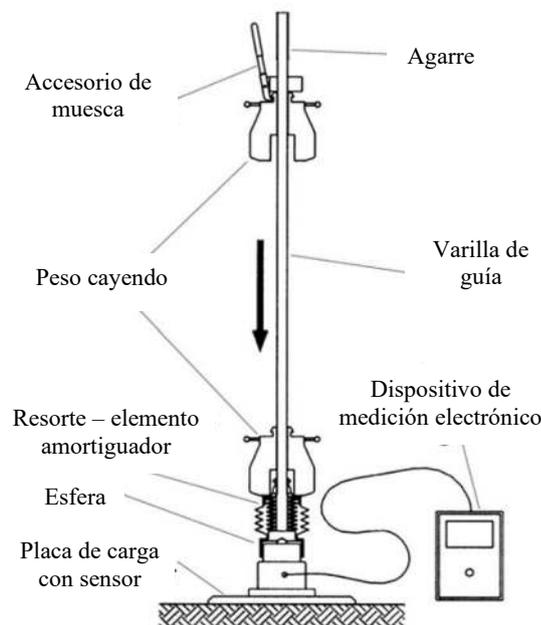
El deflectómetro de peso ligero (LWD) es una versión portátil de mano del deflectómetro de caída de peso que normalmente se usa para evaluaciones de caminos pavimentados. Actualmente está infrutilizado en América del Norte, aunque está ganando aceptación por varios Departamentos de Transporte de los estados americanos para el aseguramiento de la calidad de la compactación. El LWD proporciona una medida del módulo de elasticidad dinámico del suelo que es comparable con el módulo de elasticidad estático determinado con la prueba de soporte de placa estática. Desde principios de 2008, este equipo se ha utilizado en la mina de Highland Valley Copper (HVC) para mejorar la calidad de la compactación. Control y aseguramiento de cimientos de agregados de grano grueso, bases de caminos y materiales de relleno de presas de tierra. En algunos casos, el LWD se usó junto con las pruebas del densímetro nuclear para evaluar la relación entre el secado in situ densidad y el módulo dinámico de elasticidad. Este documento incluye una discusión sobre esta posible relación.

El deflectómetro de peso ligero (LWD) fue desarrollado en Europa para medir el módulo dinámico de suelos in situ. El LWD es similar al deflectómetro de caída de peso (FWD) utilizado para carreteras, pero es portátil con un peso de aproximadamente 15 kg a 25 kg, puede ser operado por 1 persona y la prueba se puede hacer en 1 a 2 minutos. La Figura muestra los componentes típicos de un LWD probador, que comprenden un dispositivo de carga que consta de un Peso de caída de 10 kg montado en una barra con un resorte (dispositivo de

amortiguación) en la parte inferior y un pestillo en la parte superior para aguantar el peso y consigue una caída uniforme de 700 mm

El dispositivo de carga se coloca sobre un espesor de 20 mm y Placa de acero de 300 mm de diámetro equipada con un acelerómetro conectado a un dispositivo electrónico portátil Sistema de adquisición. El equipo está calibrado para entregar una carga de impacto máxima de 7,07 kN y una duración del impacto de 18 ms. El dispositivo se configura asumiendo que la placa es lo suficientemente rígida para moverse con el suelo y la carga de impacto es constante. Las deformaciones del suelo se calculan por integración de las lecturas del acelerómetro. Durante operación, la placa se coloca primero directamente sobre el nivel suelo y 3 golpes iniciales del peso de caída se dan a asegurar un contacto cercano. Las siguientes 3 gotas del se realizan los pesos y el sistema de adquisición de datos calcula la deformación (desviación) para cada golpe y el módulo dinámico del suelo E_{vd} . una impresión o traza descargable de las lecturas del acelerómetro puede luego ser generado. El módulo dinámico del suelo (E_{vd}) se calcula mediante Ecuación 1, donde r es el radio de la placa de carga, σ es la tensión debajo de la placa y s es la medida deformación o asentamiento.

$$E_{vd} = 1.5 \frac{r\sigma}{s}$$



Fuente: Esquema de la LWD (de Adam y Adam 2003)

La correlación entre E_{vd} y el grado de compactación varía con el tipo de suelo y el contenido de humedad como, así como con el esfuerzo de compactación. La Tabla ilustra la relación medida entre E_{vd} y el grado de compactación, según lo recopilado por el Asociación

Alemana de Investigación sobre Carreteras y Transportes (FGVS 1997), para una amplia gama de tipos de suelo.

Correlación de Grado de Compactación y E_{vd} (FGVS 1997).

Grupo de suelos	Grado de compactación D_{Pr}	Módulo de resiliencia E_{vd}
DIN 18 196	%	MN/m ²
GW, GI, GU₁, GT₁, as per ZTVT	≥103	≥60
GE, SE, SW, SI	≥100	≥50
	≥98	≥40
	≥97	≥35
Suelos de grano mixto: GU₂, GT₂, SU, ST e.g. suelo pedregoso	≥100	≥50
	≥98	≥40
	≥97	≥32
Suelos de grano fino: GU₂, GT₂,	≥100	≥35
	≥97	≥25
Suelos de grano fino: U, T Suelos de granos mixtos GU, GT, SU, ST	≥97	≥25
	≥95	≥20

Fuente: Uso del deflectómetro liviano (LWD) en la mina de cobre Highland Valley

2.3.7.1 Características técnicas Deflectómetro de Impacto Liviano

El Deflectómetro de Impacto Liviano (LIGHT Weight Deflectometer) de Dynatest es una versión portátil del Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer).

El LWD utiliza una celda de carga y geófonos con la misma precisión que el Deflectómetro de Impacto. El Deflectómetro de Impacto Liviano (Light Weight Deflectometer) se puede utilizar para probar pavimentos asfálticos delgados, materiales reciclados estabilizados con asfalto y probar directamente las bases y sub-base granulares y la subrasante.

Los datos de salida del Deflectómetro Liviano se pueden usar para calcular la rigidez (módulo) de múltiples capas de pavimento. El Deflectómetro cumple con la norma ASTM 2583, la norma IAN73 (Reino Unido), la norma danesa, la norma mexicana y la norma italiana para determinar el módulo y la compactación de un material.

2.3.7.2 Especificaciones LWD

- Operable por una persona.
- El ensayo rápido permite un bajo espaciamiento de los puntos de ensayo, lo que facilita identificar la homogeneidad de la sección en prueba.
- Reporte del módulo de superficie en el momento de la prueba.
- Evaluación de la compactación y rigidez del material con la misma unidad.

- Control de calidad de las capas de base, sub-base y de la subrasante antes de aplicar una sobre carpeta.
- Pruebas en zanjas de servicios públicos para determinar condiciones de compactación y reducir la probabilidad de asentamientos en el tiempo.



Fuente: Geotechtips, uso del deflectómetro de impacto ligero (LWD) para determinar la deflexión de la rasante según ASTM D 4694-09.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Método y Alcance de la investigación

En este artículo, se adopta un enfoque deductivo/experimental, ya que se realizarán pruebas de laboratorio y de campo para medir la mejora en el desempeño de la calzada de arcilla debido al uso de geoceldas hechas de botellas de PET recicladas.

Byron Prieto (2017) argumenta que, al igual que los métodos inductivos, los métodos deductivos se refieren a métodos de conducción o recuperación basados en el razonamiento. Su aplicación, sin embargo, es bastante diferente, ya que en este caso el razonamiento interno artificial permite convertir los principios generales en hechos concretos. Lo anterior se convierte esencialmente en un análisis de un principio general sobre un tema particular: para que un principio sea válido, debe aplicarse a un contexto particular, mientras que el método deductivo se basa en algún tipo de fundamento teórico. Enunciar un hecho o práctica específica. (página 11).

3.2 Tipo de investigación

El tipo de estudio es “Aplicación” porque podrá abordar una pregunta práctica definida como: ¿En qué medida las geoceldas artesanales hechas de botellas PET estabilizan los suelos blandos - Huancayo 2022?, cuyo propósito es determinar el nivel de afirmación de vida útil de la acera. La investigación aplicada busca generar conocimiento directamente aplicable a problemas sociales o del sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los logros técnicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de vinculación de la teoría y los productos.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación es correlacional porque se medirá la mejora en el comportamiento estructural de la subrasante por la implementación de las geoceldas recicladas.

Según Bernal (2010) La investigación correlacional es un tipo de método de investigación no experimental en el cual un investigador mide dos variables. Entiende y evalúa la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable extraña.

3.4 Diseño de la Investigación

Que ciertos grupos de variables se mantienen constantes mientras que otros grupos de variables se miden como objeto de un experimento. La investigación experimental es uno de los principales métodos de investigación cuantitativa. El ejemplo más simple de investigación experimental son las pruebas de laboratorio. Siempre que la investigación se lleve a cabo en condiciones científicamente aceptables, califica como investigación experimental. Un verdadero estudio experimental se considera exitoso solo cuando el investigador confirma que los cambios en la variable dependiente se deben a la manipulación de la variable independiente.

Esquema del diseño de investigación a realizar:

$$X \quad ==> \quad Y$$

3.5 Población y Muestra

3.5.1 Población.

La población está constituida por todas las subrasantes de material arcilla de la zona, del departamento de Junín y provincia de Huancayo. Considerando que varios sectores presenten este tipo de material en la subrasante.

3.5.2 Muestra.

La muestra seleccionada en el Saños, para la subrasante y material de relleno de la geoceldas.

3.6 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1 Técnica de recolección de datos:

De acuerdo con Buendía (1998), existe una gran cantidad de técnicas cuantitativas y cualitativas disponibles, cada una con sus ventajas y desventajas, lo más importante es que la recolección de datos es elegir la técnica adecuada que nos proporcione información o evidencia para responder a las preguntas.

Se construirá un tramo de prueba en la región de Saños, donde el lecho de la carretera es predominantemente arcilloso, y se realizarán pruebas de medición de deflexión en el lecho de la carretera existente, que luego contará con una red de geoceldas de nido de abeja hechas de botellas de PET recicladas, se formará con el mismo material arcilloso, luego se coloca una

capa de confirmación de 20 cm y, finalmente, se vuelven a realizar mediciones de deflexión para medir la deflexión del suelo enmendado..

3.6.2 Instrumento de la investigación

Este estudio utilizará: Formulario de recolección de datos: para recolectar información obtenida de pruebas de laboratorio acreditadas y pruebas de campo. Programas informáticos de cálculo de módulos de deflexión y elasticidad: análisis y procesamiento de datos de entrada mediante preprogramación con conceptos y fórmulas basados en fines de investigación. Para la presente investigación se utilizarán los siguientes programas informáticos: Microsoft Excel para la programación de hojas de cálculo y para el procesamiento de datos. Según Sabino (2010), en principio, una herramienta de recolección de datos es cualquier recurso que un investigador puede utilizar para procesar un fenómeno y extraer información de él. De esta forma, la herramienta sintetiza todo el trabajo de investigación previo y resume la contribución del marco teórico a los datos seleccionados. Corresponde a indicadores y por tanto a variables o conceptos.

3.7 Procedimientos de recolección de Datos

3.7.1 Grado de confiabilidad

Ledesma et al. (2002) plantea que la consistencia interna es un método que utiliza la confiabilidad y que define el camino más habitual para estimar la fiabilidad de pruebas, escalas o test, por consiguiente, se evaluará con el coeficiente de Confiabilidad de Alfa de Cronbach:

$$\text{Ecuación 1 } \alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2}\right)$$

Donde:

$\sum s_i^2$ = es la sumatoria de las varianzas “individuales” de los ítems.

s_T^2 = cálculo de las varianzas “totales” de los ítems.

el cual tiene el siguiente criterio de decisión e interpretación:

Tabla 4 Criterio de Decisión e Interpretación

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta

0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Fuente: Thorndike, 1989; Magnusson, 1983.

3.7.2 Tratamiento estadístico

De acuerdo con el comportamiento de las variables durante el examen clínico, este estudio observa la correlación entre las dos variables y realiza una prueba de normalidad a nivel estadístico para determinar la correlación entre las variables dependiente e independiente.

3.7.3 Pruebas estadísticas

Para medir el Grado de correlación se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson para confirmar la hipótesis y se utilizará la versión del software Microsoft Excel.

3.8 Lugar de Ejecución

- Departamento: Junín
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Saños
- Ubicación: 11°57'02" Sur y 75°14'49" Oeste (Calle de 100 m)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Trabajos previos

4.1.1 Descripción de la zona del proyecto de investigación

El proyecto de investigación se realizó en el distrito de Saño, ubicado geográficamente $11^{\circ}57'02''$ Sur y $75^{\circ}14'49''$ Oeste, con una altitud media de 3286 m.s.n.m., provincia de Huancayo, departamento de Junín.

Figura 6 Mapa Distrital de Saño



Fuente: Edman Ventura

Figura 7 Ubicación de terreno mejorado con geoceldas

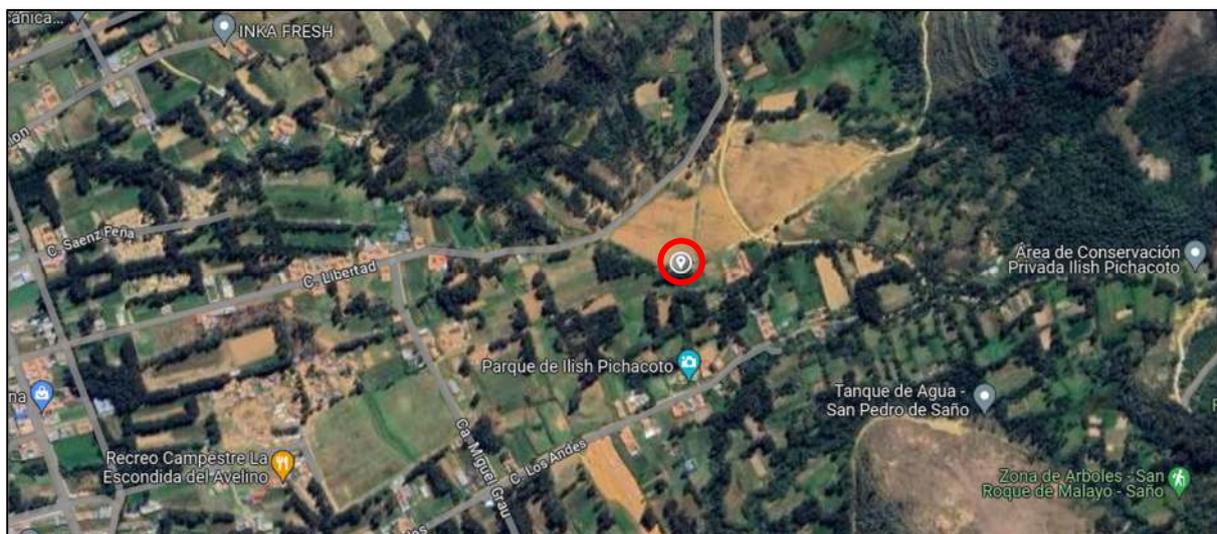


Figura 8 Zona de trabajo en el distrito de Saño, regado de plataforma para compactación.



Figura 9 Compactación de plataforma con rodillo para conformación de rasante.

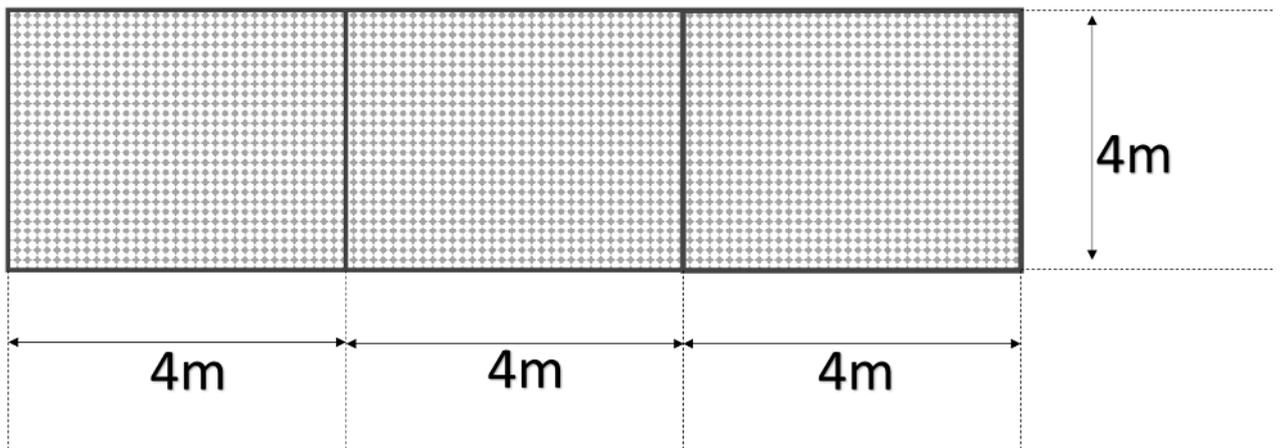


Figura 10 Deflectómetro de Impacto



El medidor de deflexión por impacto consiste en una masa que cae e impacta la placa, generando un pulso de carga; el módulo de deformación mecánica (E) se calcula utilizando una solución elástica lineal basada en información sobre el pulso de carga, la deformación y la geometría del contacto de la placa área.

Figura 11 Medición de los puntos con el deflectómetro de impacto dentro de los tramos marcados.



Al desarrollar los puntos de levantamiento, el terraplén se perfila y luego se compacta para proporcionar toda el área de desarrollo donde se llevará a cabo el proyecto de investigación, desviando así cada punto.

Figura 12 Medición y corte de las botellas PETS de 5, 10 y 15 cm para armar las geoceldas.



Se selecciona botellas de 1 lt de diferentes marcas, pero lo que se tomó en cuenta es que tengan aproximadamente el mismo diámetro.

Figura 13 Vista de la geocelda armada tipo panal de botellas de plástico.



Una vez terminado el corte se unió las botellas cortadas en una posición de tal manera que se forme la estructura tipo panel. Las unidades se unieron con alambre de construcción, con la intención que se comporten de forma monolítica.

4.2 Deflectometría y Módulo de resiliencia Diámetro de 5cm

Para realizar la deflectometría de la subrasante, se procedió a retirar el material excedente del lugar, así mismo se configura el equipo ZORN, para luego tomar la deflexión de cada punto en las zonas indicadas. Se tomó la deflexión de la subrasante de la carretera sin estabilizar, posterior se tomó la deflexión de la subrasante estabilizada con las geoceldas de botellas PET, para el cálculo del módulo de resiliencia se hizo un retro cálculo para obtener los resultados.

4.2.1 Deflectometría de los geoceldas de botellas PET zona 1

A continuación, procederemos a representar de cómo se dio las zonas de estudio para la Deflectometría. Para la zona 1 se dio un diámetro de 5cm, con una altura de 5, 10, y 15cm; y con espesor de tipo I.

Las mediciones de deflexión realizadas durante esta investigación están representadas en la tabla y gráfico a continuación, que muestra los datos que nos proporciona el software del equipo de medición de deflexión ZORN.

Tabla 5 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm

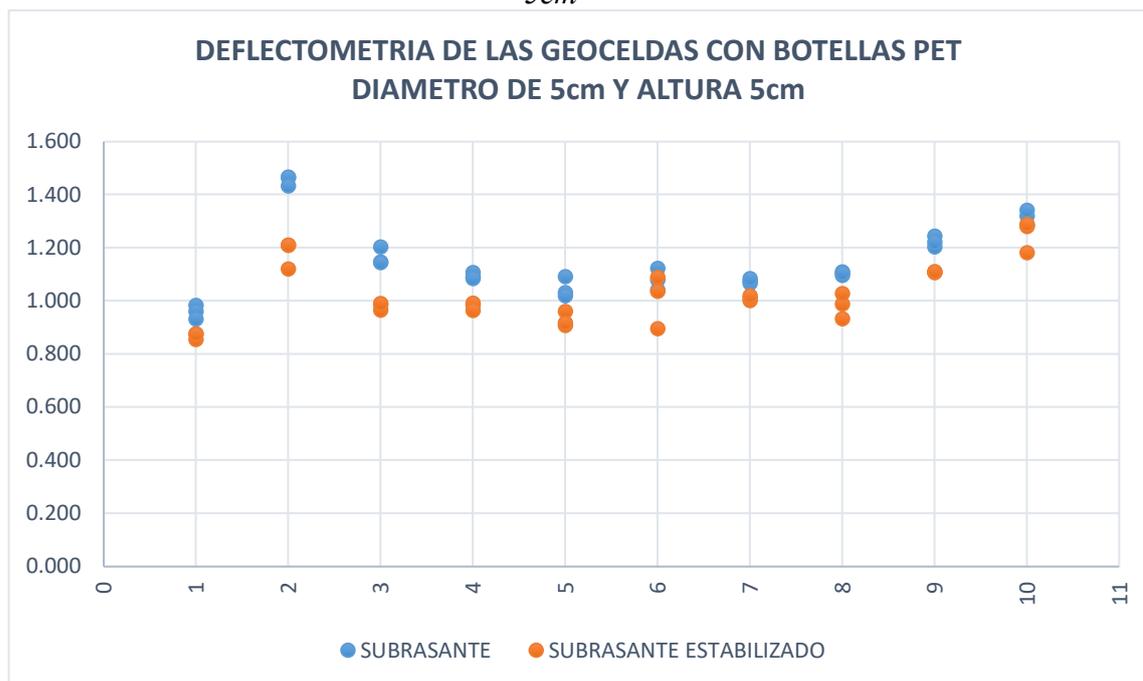
PUNTO	N° LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
1	1	S1:	0.983	0.96	0.875	0.87
	1	S2:	0.960		0.854	
	1	S3:	0.932		0.876	
2	2	S1:	1.464	1.45	1.21	1.18
	2	S2:	1.467		1.121	
	2	S3:	1.433		1.211	
3	3	S1:	1.203	1.16	0.987	0.98
	3	S2:	1.147		0.965	
	3	S3:	1.144		0.991	
4	4	S1:	1.107	1.09	0.985	0.98
	4	S2:	1.090		0.991	
	4	S3:	1.084		0.964	
5	5	S1:	1.092	1.05	0.961	0.93
	5	S2:	1.031		0.907	
	5	S3:	1.019		0.917	
6	6	S1:	1.123	1.08	1.089	1.01
	6	S2:	1.079		1.035	
	6	S3:	1.041		0.895	
7	7	S1:	1.066	1.08	1.002	1.01
	7	S2:	1.075		1.011	

	7	S3:	1.085		1.020	
8	8	S1:	1.110	1.10	0.987	0.98
	8	S2:	1.097		0.932	
	8	S3:	1.105		1.027	
	9	S1:	1.244		1.22	
9	S2:	1.204	1.108			
9	S3:	1.221	1.111			
10	10	S1:	1.285	1.32	1.182	1.25
	10	S2:	1.320		1.280	
	10	S3:	1.342		1.288	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 5 cm y una altura de 5 cm, todo ello ubicado en la zona 1.

Figura 14 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

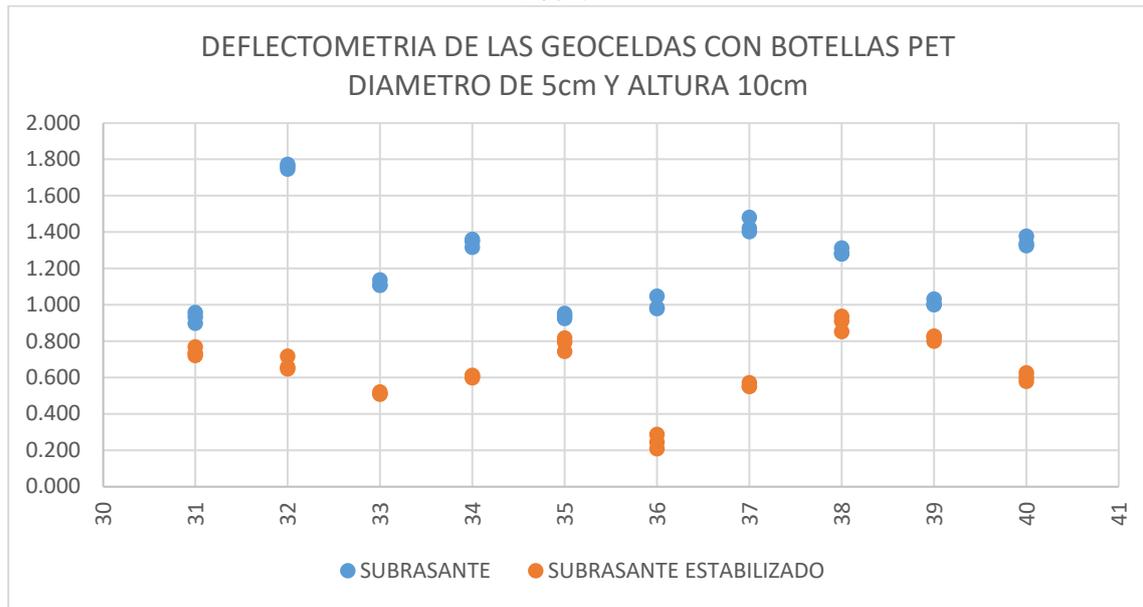
Tabla 6 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm

PUNTO	Nº LECTURA POR PUNTOS	SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
31	31	S1:	1.391	0.690	0.72
	31	S2:	1.327	0.740	
	31	S3:	1.315	0.735	
32	32	S1:	1.205	0.556	0.55
	32	S2:	1.189	0.561	
	32	S3:	1.153	0.545	
33	33	S1:	1.250	0.926	0.95
	33	S2:	1.199	0.948	
	33	S3:	1.218	0.969	
34	34	S1:	1.174	1.182	1.18
	34	S2:	1.172	1.208	
	34	S3:	1.125	1.164	
35	35	S1:	0.936	0.895	0.99
	35	S2:	0.932	0.984	
	35	S3:	0.899	1.097	
36	36	S1:	1.278	0.998	1.10
	36	S2:	1.257	1.163	
	36	S3:	1.228	1.135	
37	37	S1:	1.369	0.878	0.85
	37	S2:	1.343	0.842	
	37	S3:	1.345	0.831	
38	38	S1:	1.316	1.455	1.55
	38	S2:	1.275	1.665	
	38	S3:	1.309	1.537	
39	39	S1:	1.323	0.814	0.81
	39	S2:	1.276	0.860	
	39	S3:	1.258	0.753	
40	40	S1:	1.283	1.127	1.19
	40	S2:	1.259	1.234	
	40	S3:	1.254	1.219	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 5 cm y una altura de 10 cm, todo ello ubicado en la zona 1.

Figura 15 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 7 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm

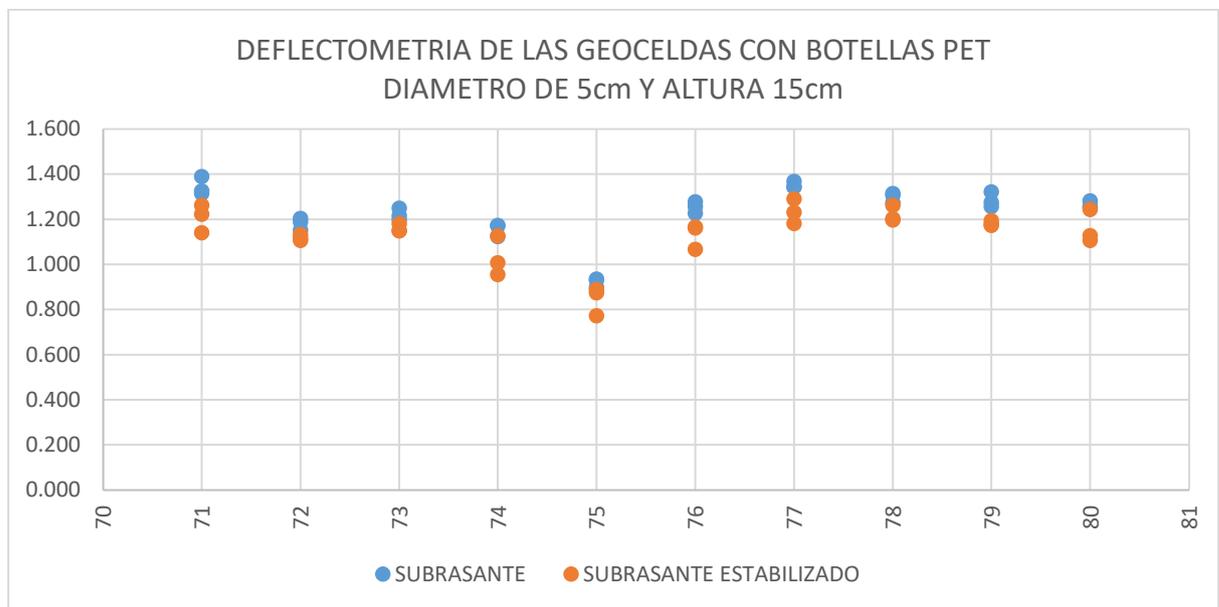
PUNTO	Nº LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
71	71	S1:	0.784	1.34	1.224	1.21
	71	S2:	0.796		1.141	
	71	S3:	0.774		1.262	
72	72	S1:	0.591	1.18	1.133	1.12
	72	S2:	0.590		1.118	
	72	S3:	0.580		1.107	
73	73	S1:	1.052	1.22	1.150	1.16
	73	S2:	1.077		1.151	
	73	S3:	1.077		1.181	
74	74	S1:	1.374	1.16	1.127	1.03
	74	S2:	1.342		1.008	
	74	S3:	1.338		0.956	
75	75	S1:	1.017	0.92	0.889	0.85
	75	S2:	1.070		0.876	
	75	S3:	1.131		0.773	
76	76	S1:	1.174	1.25	1.163	1.13
	76	S2:	1.211		1.068	
	76	S3:	1.207		1.167	

77	77	S1:	0.954	1.35	1.232	1.24
	77	S2:	0.936		1.182	
	77	S3:	0.955		1.291	
78	78	S1:	1.672	1.30	1.263	1.22
	78	S2:	1.717		1.199	
	78	S3:	1.787		1.204	
79	79	S1:	0.857	1.29	1.177	1.18
	79	S2:	0.887		1.174	
	79	S3:	0.876		1.195	
80	80	S1:	1.310	1.27	1.245	1.16
	80	S2:	1.341		1.108	
	80	S3:	1.370		1.129	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 5 cm y una altura de 15 cm, todo ello ubicado en la zona 1.

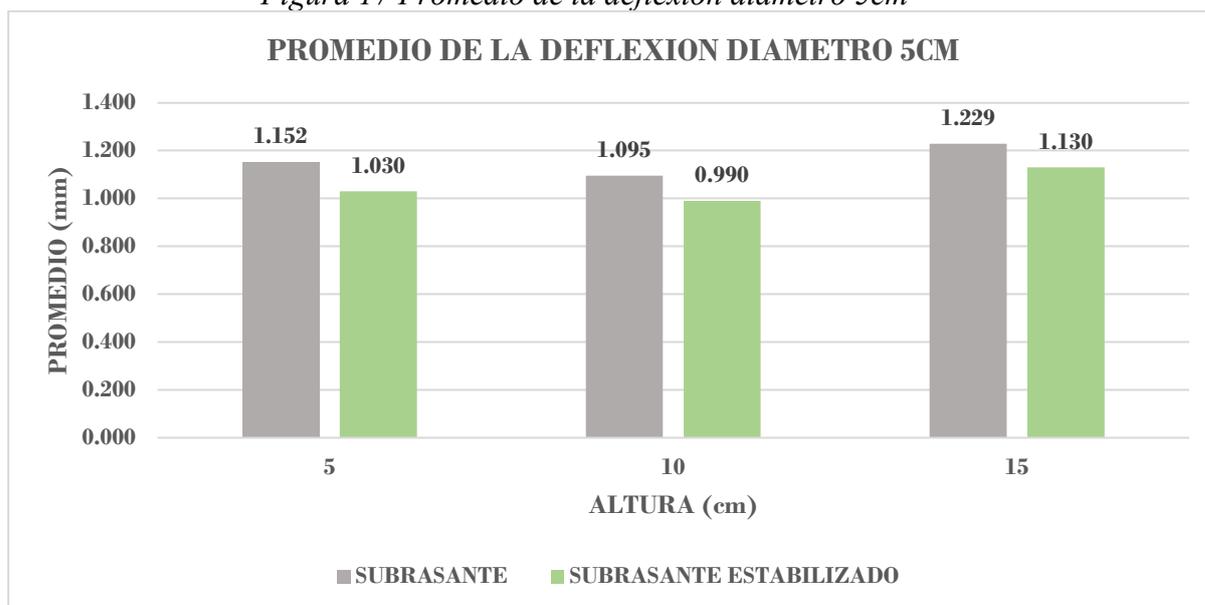
Figura 16 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Figura 17 Promedio de la deflexión diámetro 5cm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura, se muestra el promedio de la deflexión con un diámetro de 5cm, se compara cada una de ellas por la altura que se obtiene que es de 5, 10 y 15cm, donde nos da que la subrasante obtiene una mayor deflexión con respecto a la deflexión de la subrasante estabilizada con geo celdas de botellas PET.

4.2.2 Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1

Las tablas y los gráficos a continuación muestran el módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET, donde se realizó un retro calculo mediante la deflexión que nos arroja el equipo del deflectómetro, para ello se utilizó la siguiente formula:

$$ELWD = \frac{1.5r\sigma}{\delta}$$

r: radio de la placa

σ : Esfuerzo

δ : deflexión

Tabla 8 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm

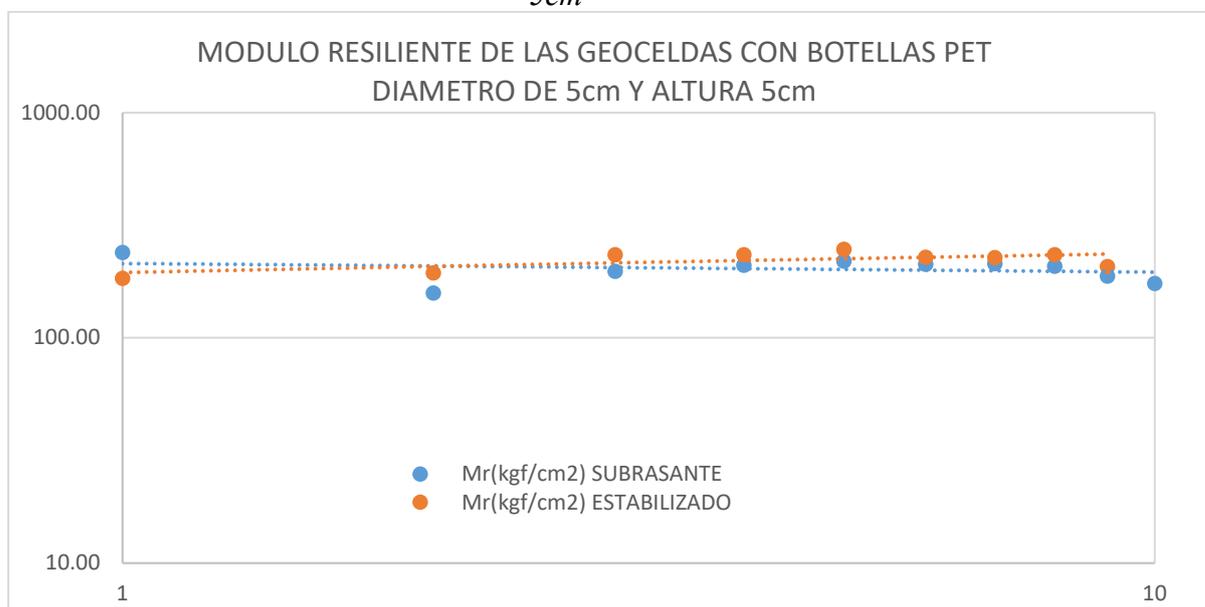
PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
1	23.48	239.41	25.91	183.50
2	15.47	157.72	19.06	194.33
3	19.32	197.00	22.94	233.88
4	20.57	209.79	22.94	233.97
5	21.48	219.07	24.23	247.12

6	20.81	212.25	22.35	227.89
7	20.92	213.36	22.26	226.98
8	20.38	207.82	22.90	233.48
9	18.40	187.60	20.29	206.95
10	17.10	174.39	18.00	264.19

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 18 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 9 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm

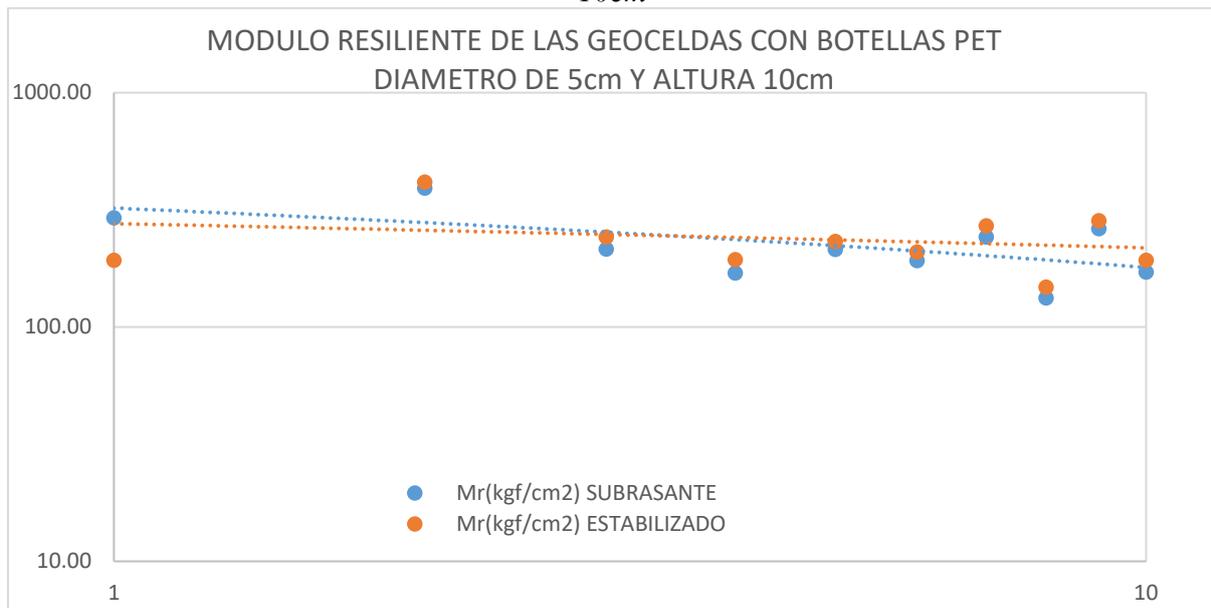
PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
1	28.67	292.40	31.17	192.29
2	38.33	390.86	40.63	414.34
3	21.05	214.69	23.74	242.12
4	16.65	169.79	19.00	193.70
5	20.98	213.89	22.68	231.25
6	18.79	191.62	20.49	208.89
7	23.73	241.94	26.46	269.83
8	13.04	132.98	14.49	147.80
9	25.76	262.71	27.80	283.50

10	16.79	171.18	18.86	192.29
-----------	-------	--------	-------	--------

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 19 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

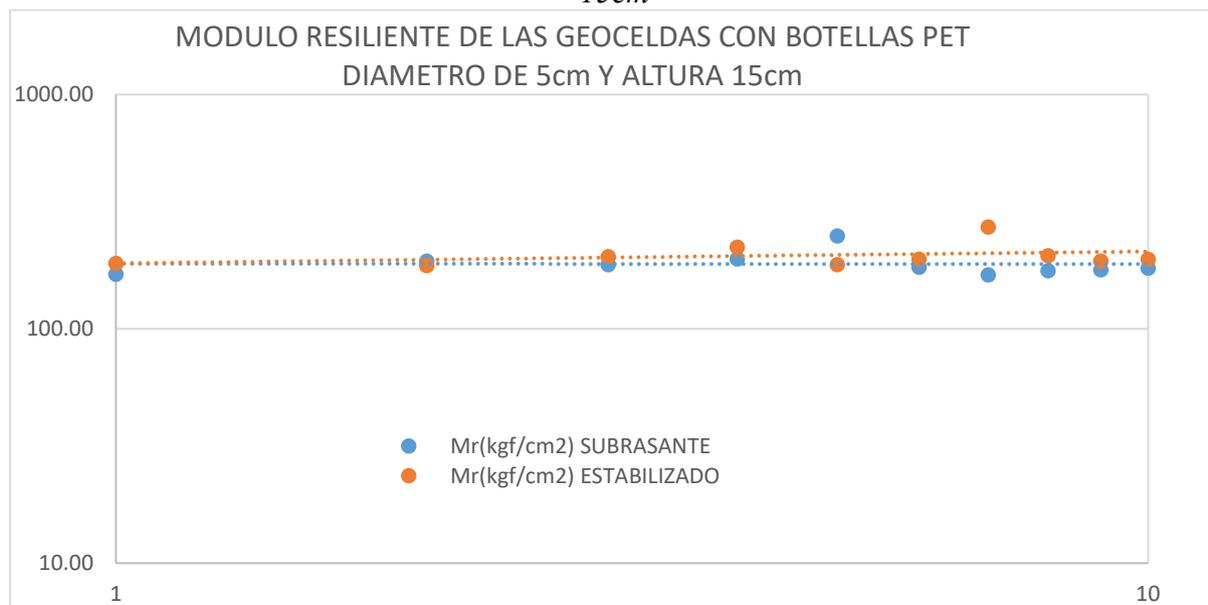
Tabla 10 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
1	16.74	170.67	18.61	189.74
2	19.03	194.05	20.11	185.77
3	18.41	187.70	19.38	202.56
4	19.45	198.30	21.84	222.67
5	24.39	248.76	26.59	187.75
6	17.94	182.92	19.86	197.65
7	16.64	169.66	18.22	271.16
8	17.31	176.49	18.41	205.02
9	17.50	178.46	19.03	194.08
10	17.78	181.33	19.39	197.73

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 20 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 5cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

INTERPRETACIÓN 01

La medición de la deflexión de la subrasante se desarrolló con el material arcilloso, para lo cual se dividió en 3 zonas, cada área se tomó con 10 puntos, en cada punto se tomaron tres lecturas de la deflexión de la subrasante dándonos así el resultado. Para la subrasante estable, citada de la misma manera, estos resultados nos dan la mejora en la deflexión, tomando el promedio de 10 puntos para la subrasante y la subrasante estable, para una primera zona de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura, la deflexión promedio es de 1.152 mm, y la deflexión promedio de la calzada estable es de 1.030 mm. Para la segunda área con un diámetro de 5 cm y una altura de 10 cm, la deflexión promedio de la calzada es de 1.095 mm. Para la calzada estable, el promedio es de 0.995 mm, y finalmente el promedio en la tercera zona con un

diámetro de 5 cm y una altura de 15 cm es de 1.229 mm, y el firme promedio estable es de 1.130 mm.

4.3 Deflectometría y Modulo de resiliencia Diámetro de 7.5cm

Para realizar la deflectometría de la subrasante se procedió a retirar el material excedente del lugar, así mismo se configura el equipo ZORN, para luego tomar la deflexión de cada punto en las zonas indicadas. Se tomó la deflexión de la subrasante de la carretera sin estabilizar, posterior se tomó la deflexión de la subrasante estabilizada con las geoceldas de botellas PET, para el cálculo del módulo de resiliencia se hizo un retro cálculo para obtener los resultados.

4.3.1 Deflectometría de los geoceldas de botellas PET zona 2

A continuación, procederemos a representar de cómo se dio las zonas de estudio para la Deflectometría. Para la zona 2 se dio un diámetro de 7.5cm, con una altura de 5, 10, y 15cm; y con espesor de tipo I.

Las siguientes tablas y gráficos representan la deflectometría que se realizó en la presente investigación, en la tabla se muestra los datos que nos arrojó el software del equipo de deflectometría ZORN.

Tabla 11 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm

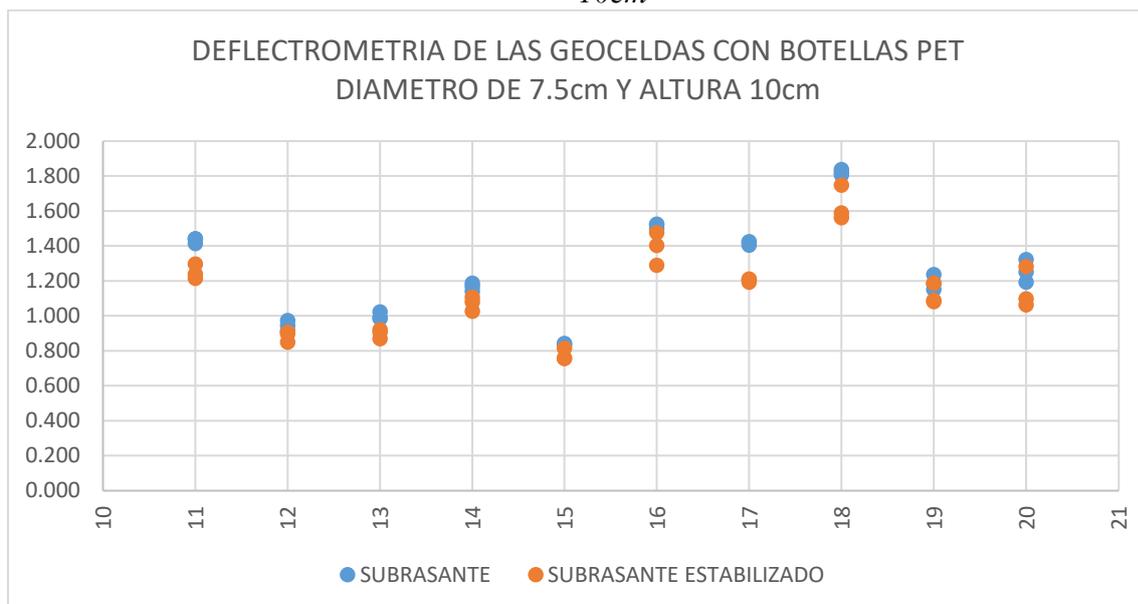
PUNTO	N° LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
11	11	S1:	1.442	1.43	1.240	1.25
	11	S2:	1.415		1.217	
	11	S3:	1.442		1.298	
12	12	S1:	0.976	0.95	0.898	0.89
	12	S2:	0.914		0.850	
	12	S3:	0.946		0.908	
13	13	S1:	1.025	1.00	0.871	0.90
	13	S2:	0.992		0.923	
	13	S3:	0.986		0.907	
14	14	S1:	1.169	1.17	1.029	1.07
	14	S2:	1.142		1.108	
	14	S3:	1.188		1.081	
15	15	S1:	0.833	0.84	0.758	0.78
	15	S2:	0.843		0.759	
	15	S3:	0.842		0.817	
16	16	S1:	1.502	1.52	1.292	1.39
	16	S2:	1.526		1.404	
	16	S3:	1.524		1.478	
17	17	S1:	1.427	1.42	1.213	1.21
	17	S2:	1.422		1.209	
	17	S3:	1.406		1.195	

18	18	S1:	1.823	1.82	1.750	1.63
	18	S2:	1.839		1.563	
	18	S3:	1.808		1.591	
19	19	S1:	1.238	1.19	1.188	1.12
	19	S2:	1.185		1.090	
	19	S3:	1.152		1.083	
20	20	S1:	1.324	1.26	1.284	1.15
	20	S2:	1.253		1.065	
	20	S3:	1.195		1.099	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 7.5 cm y una altura de 10 cm, todo ello ubicado en la zona 2.

Figura 21 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 12 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm

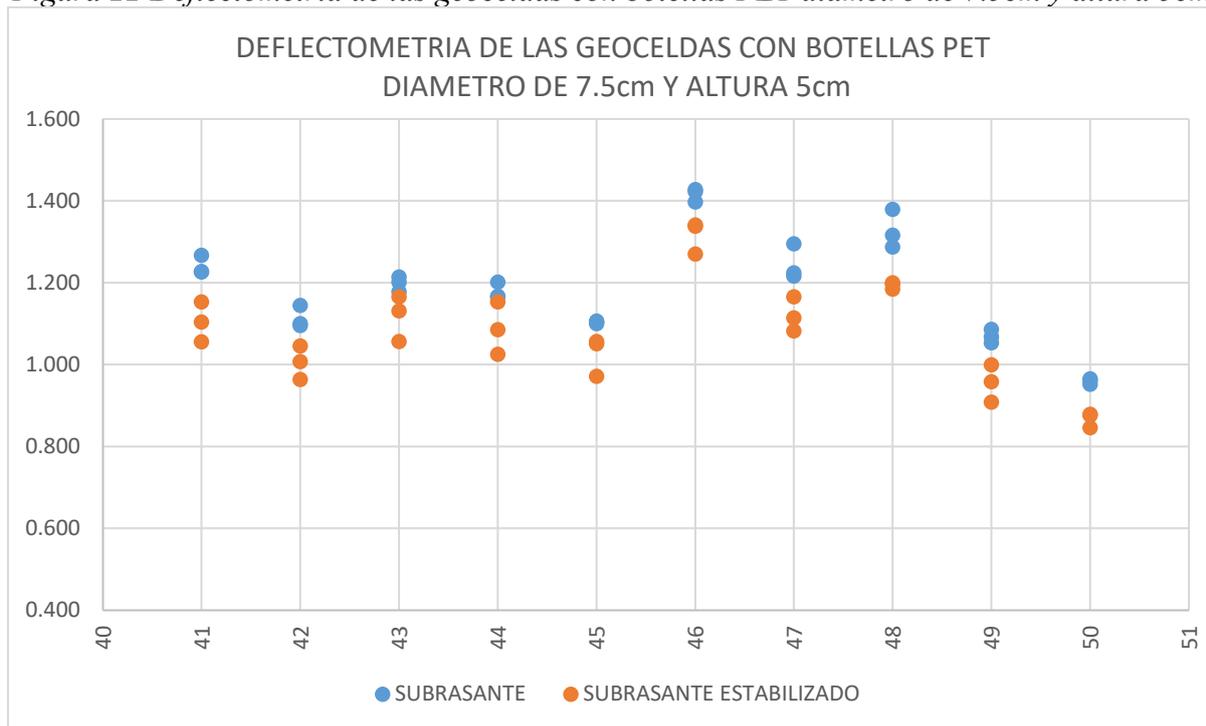
PUNTO	Nº LECTURA POR PUNTOS	SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
41	41	S1:	1.24	1.103	1.10
	41	S2:		1.153	

	41	S3:	1.227		1.055	
42	42	S1:	1.095	1.11	0.964	1.01
	42	S2:	1.100		1.045	
	42	S3:	1.144		1.007	
43	43	S1:	1.178	1.20	1.131	1.12
	43	S2:	1.214		1.056	
	43	S3:	1.201		1.165	
44	44	S1:	1.167	1.18	1.085	1.09
	44	S2:	1.165		1.025	
	44	S3:	1.201		1.153	
45	45	S1:	1.106	1.10	1.051	1.03
	45	S2:	1.104		0.972	
	45	S3:	1.100		1.056	
46	46	S1:	1.397	1.42	1.341	1.32
	46	S2:	1.423		1.338	
	46	S3:	1.427		1.270	
47	47	S1:	1.216	1.25	1.082	1.12
	47	S2:	1.224		1.114	
	47	S3:	1.295		1.166	
48	48	S1:	1.287	1.33	1.197	1.19
	48	S2:	1.316		1.184	
	48	S3:	1.379		1.200	
49	49	S1:	1.053	1.07	0.958	0.96
	49	S2:	1.068		0.908	
	49	S3:	1.086		0.999	
50	50	S1:	0.965	0.96	0.878	0.87
	50	S2:	0.961		0.846	
	50	S3:	0.952		0.876	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 7.5 cm y una altura de 5 cm, todo ello ubicado en la zona 2.

Figura 22 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 13 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm

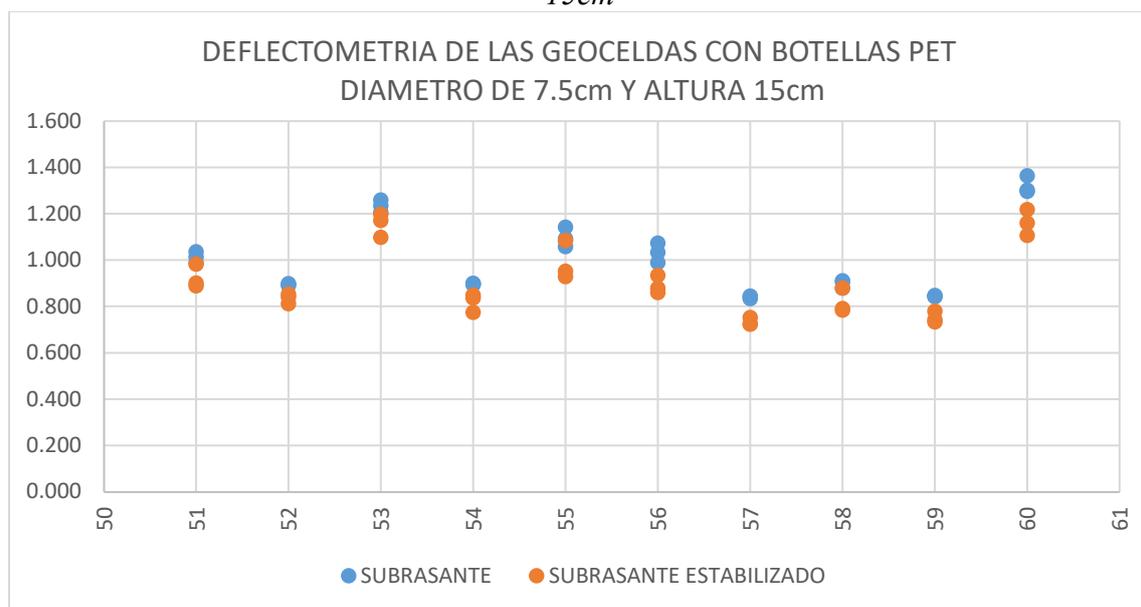
PUNTO	Nº LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
	S1:	S2:				
51	51	S1:	0.988	1.01	0.889	0.92
	51	S2:	1.013		0.983	
	51	S3:	1.036		0.901	
52	52	S1:	0.898	0.89	0.853	0.84
	52	S2:	0.892		0.812	
	52	S3:	0.894		0.840	
53	53	S1:	1.206	1.23	1.097	1.16
	53	S2:	1.234		1.197	
	53	S3:	1.259		1.171	
54	54	S1:	0.894	0.90	0.849	0.82
	54	S2:	0.900		0.774	
	54	S3:	0.899		0.836	
55	55	S1:	1.058	1.10	0.952	0.99
	55	S2:	1.092		0.928	
	55	S3:	1.142		1.085	
56	56	S1:	0.989	1.03	0.860	0.89
	56	S2:	1.034		0.879	
	56	S3:	1.073		0.934	
57	57	S1:	0.845	0.84	0.752	0.73
	57	S2:	0.842		0.724	
	57	S3:	0.833		0.725	

58	58	S1:	0.879	0.90	0.791	0.82
	58	S2:	0.906		0.879	
	58	S3:	0.911		0.783	
59	59	S1:	0.842	0.84	0.733	0.75
	59	S2:	0.848		0.780	
	59	S3:	0.844		0.743	
60	60	S1:	1.302	1.32	1.107	1.16
	60	S2:	1.296		1.218	
	60	S3:	1.364		1.159	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 7.5 cm y una altura de 15 cm, todo ello ubicado en la zona 2.

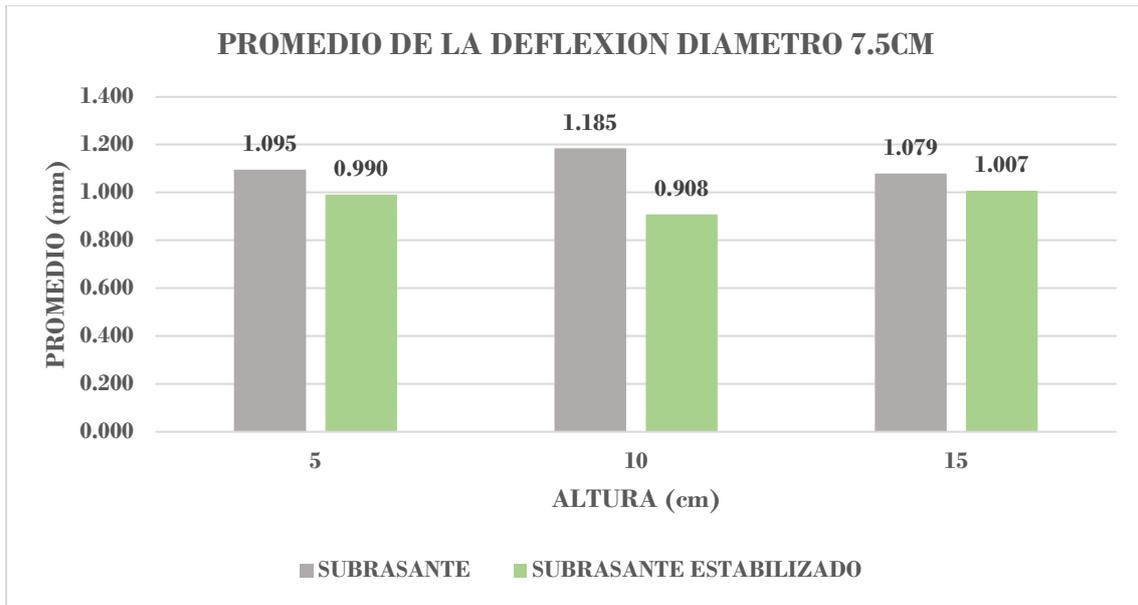
Figura 23 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Figura 24 Promedio de la deflexión diámetro 7.5cm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura, se muestra el promedio de la deflexión con un diámetro de 5cm, se compara cada una de ellas por la altura que se obtiene que es de 5, 10 y 15cm, donde nos da que la subrasante obtiene una mayor deflexión con respecto a la deflexión de la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET.

4.3.2 Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1

Las tablas y los gráficos a continuación muestran el módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET, donde se realizó un retro calculo mediante la deflexión que nos arroja el equipo del deflectómetro, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$ELWD = \frac{1.5r\sigma}{\delta}$$

r: radio de la placa

σ : Esfuerzo

δ : deflexión

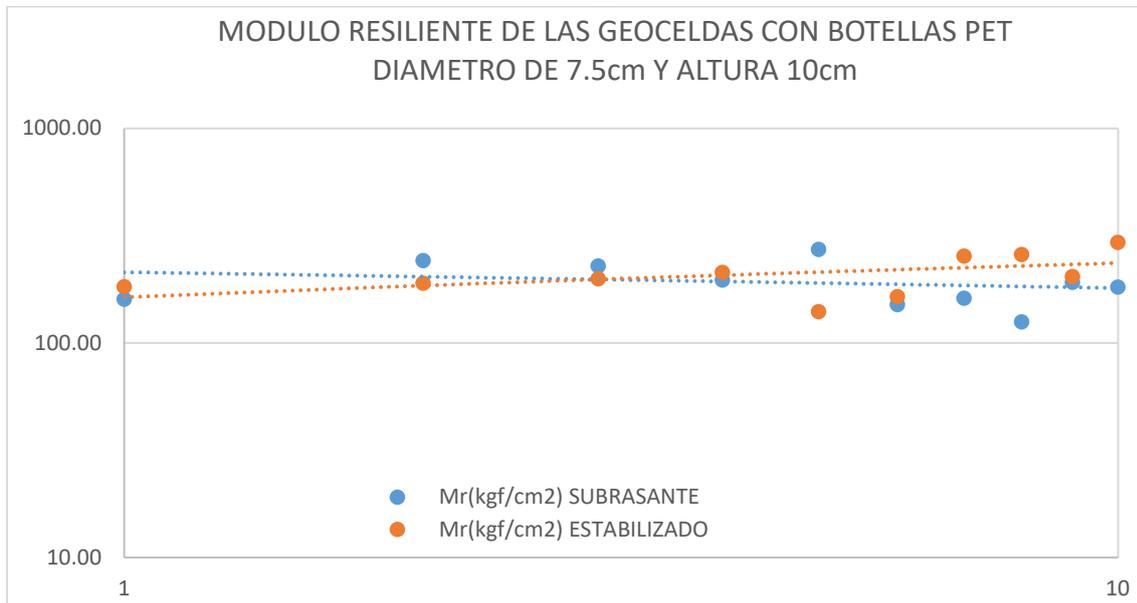
Tabla 14 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
11	15.70	160.11	17.98	183.31
12	23.80	242.70	25.41	190.31
13	22.48	229.21	24.99	199.58
14	19.29	196.72	20.98	213.92
15	26.81	273.36	28.93	140.35
16	14.83	151.21	16.17	164.91
17	15.86	161.77	18.66	254.84
18	12.34	125.83	13.76	259.14
19	18.88	192.53	20.08	204.76
20	17.90	182.48	19.57	294.97

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 25 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

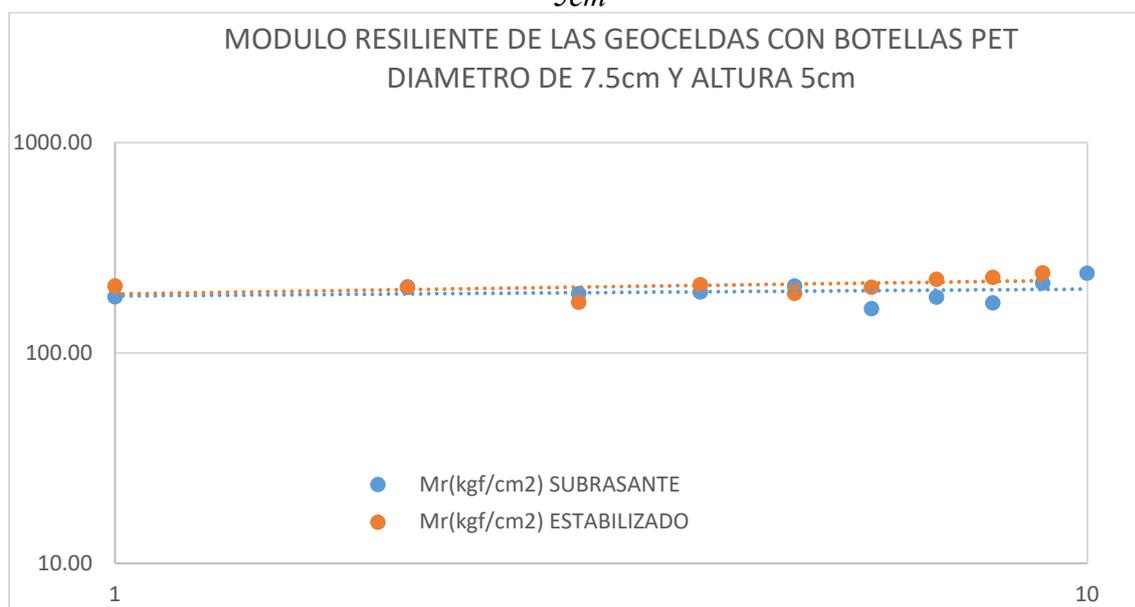
Figura 26 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
11	18.15	185.03	20.38	207.85
12	20.22	206.14	22.39	204.76
13	18.79	191.57	20.14	174.31
14	19.11	194.82	20.68	210.91
15	20.39	207.95	21.93	192.21
16	15.89	162.07	17.09	205.34
17	18.07	184.29	20.08	223.61
18	16.95	172.86	18.85	228.27
19	21.05	214.63	23.56	240.24
20	23.45	239.16	25.96	264.77

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 27 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

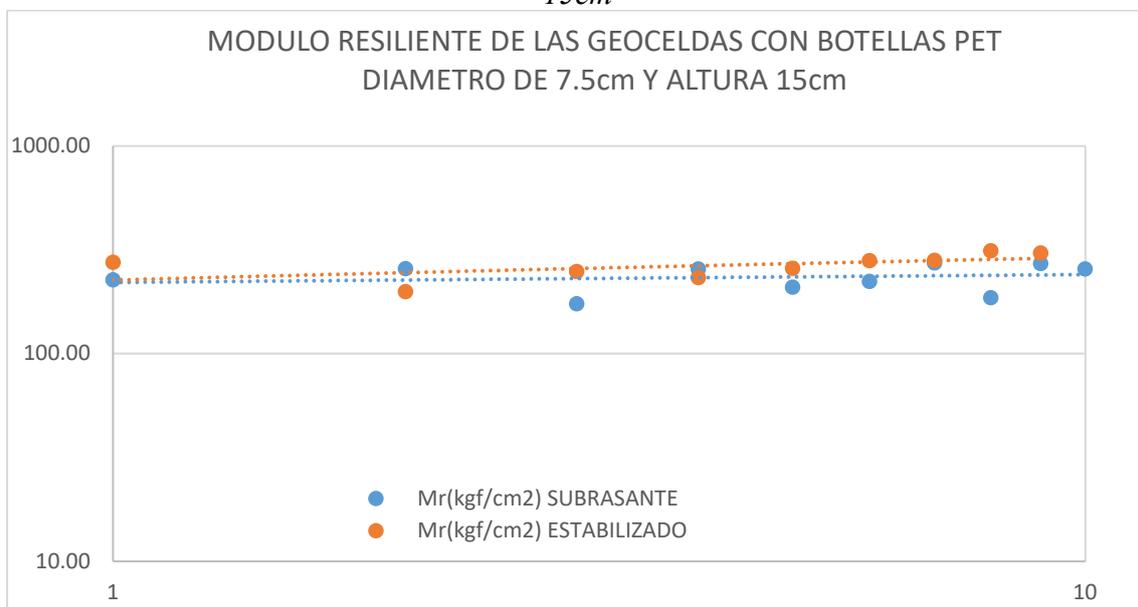
Tabla 15 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
21	22.23	226.64	24.34	197.54
22	25.15	256.45	26.94	274.76
23	18.25	173.73	19.48	198.63
24	25.06	255.31	27.45	248.21
25	20.50	209.09	22.76	232.12
26	21.80	222.32	25.25	257.52
27	26.79	273.14	30.67	279.87
28	25.04	186.08	27.51	280.56
29	26.64	271.63	29.93	312.74
30	17.04	255.59	19.37	305.18

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 28 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

INTERPRETACIÓN 02

La medición de la deflexión de la subrasante se desarrolló con el material arcilloso, para lo cual se dividió en 3 zonas, cada área se tomó con 10 puntos, en cada punto se tomaron tres lecturas de la deflexión de la subrasante dándonos así el resultado. Para la subrasante estable, referenciando de igual manera, para la primera zona con un diámetro de 7.5 cm y una altura de 5 cm, estos resultados nos dan la deflexión de la subrasante y el valor medio de 10 puntos para la subrasante la deflexión es 1.095 mm y la deflexión promedio de la subrasante estable es de 0.990 mm, y para la segunda zona que tiene 7,5 cm de diámetro y 10 cm de altura, la deflexión promedio de la subrasante es de 1.185 mm y la deflexión promedio de la subrasante estable es de 0.908 mm, y finalmente la media de la calzada de la tercera zona con un diámetro de 10 cm y una altura de 15 cm es de 1.079 mm, y la media de la calzada estable es de 1.007 mm.

4.4 Deflectometría y Modulo de resiliencia Diámetro de 7.5cm

Para realizar la deflectometría de la subrasante se procedió a retirar el material excedente del lugar, así mismo se configura el equipo ZORN, para luego tomar la deflexión de cada punto en las zonas indicadas. Se tomó la deflexión de la subrasante de la carretera sin estabilizar, posterior se tomó la deflexión de la subrasante estabilizada con las geoceldas de botellas PET, para el cálculo del módulo de resiliencia se hizo un retro cálculo para obtener los resultados.

4.4.1 Deflectometría de los geoceldas de botellas PET zona 3

A continuación, procederemos a representar de cómo se dio las zonas de estudio para la Deflectometría. Para la zona 3 se dio un diámetro de 10cm, con una altura de 5, 10, y 15cm; y con espesor de tipo I.

Las siguientes tablas y gráficos representan la deflectometría que se realizó en la presente investigación, en la tabla se muestra los datos que nos arrojó el software del equipo de deflectometría ZORN.

Tabla 16 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm

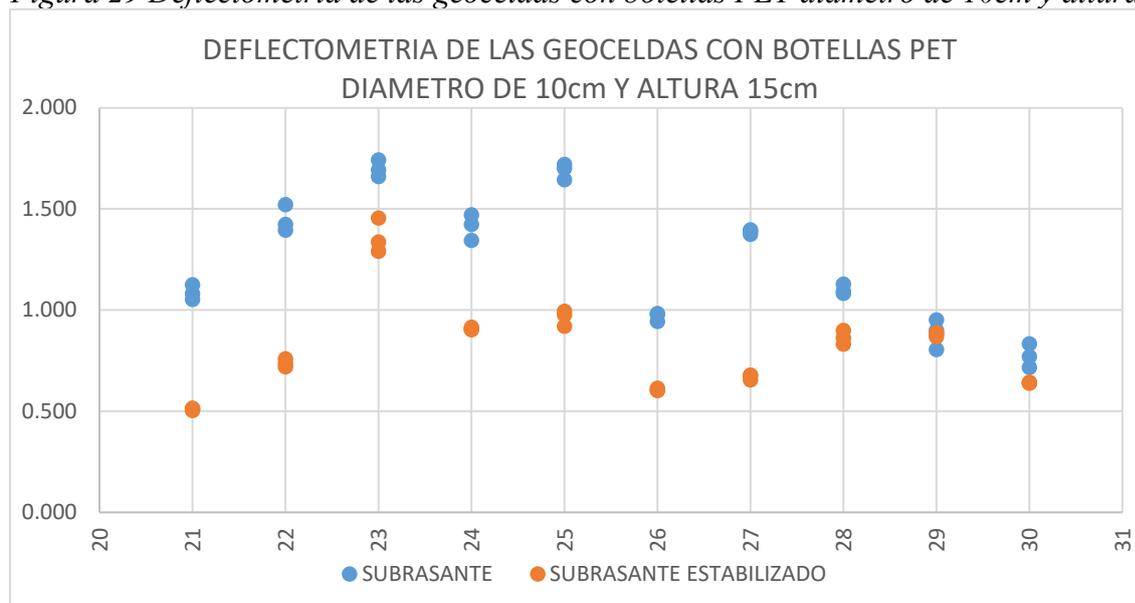
PUNTO	N° LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
21	21	S1:	1.293	1.24	1.241	1.15
	21	S2:	1.238		1.065	
	21	S3:	1.197		1.137	
22	22	S1:	1.652	1.67	1.487	1.52

	22	S2:	1.677		1.459	
	22	S3:	1.678		1.628	
23	23	S1:	1.792	1.82	1.649	1.68
	23	S2:	1.841		1.786	
	23	S3:	1.819		1.619	
24	24	S1:	1.606	1.59	1.461	1.45
	24	S2:	1.575		1.386	
	24	S3:	1.586		1.491	
25	25	S1:	1.849	1.86	1.738	1.70
	25	S2:	1.865		1.623	
	25	S3:	1.875		1.744	
26	26	S1:	0.626	0.63	0.563	0.57
	26	S2:	0.622		0.572	
	26	S3:	0.627		0.564	
27	27	S1:	0.678	0.66	0.576	0.60
	27	S2:	0.647		0.608	
	27	S3:	0.647		0.628	
28	28	S1:	0.566	0.55	0.549	0.51
	28	S2:	0.552		0.530	
	28	S3:	0.544		0.462	
29	29	S1:	0.798	0.77	0.686	0.69
	29	S2:	0.760		0.699	
	29	S3:	0.745		0.685	
30	30	S1:	0.622	0.61	0.566	0.54
	30	S2:	0.605		0.520	
	30	S3:	0.596		0.542	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 10 cm y una altura de 15 cm, todo ello ubicado en la zona 3.

Figura 29 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 17 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm

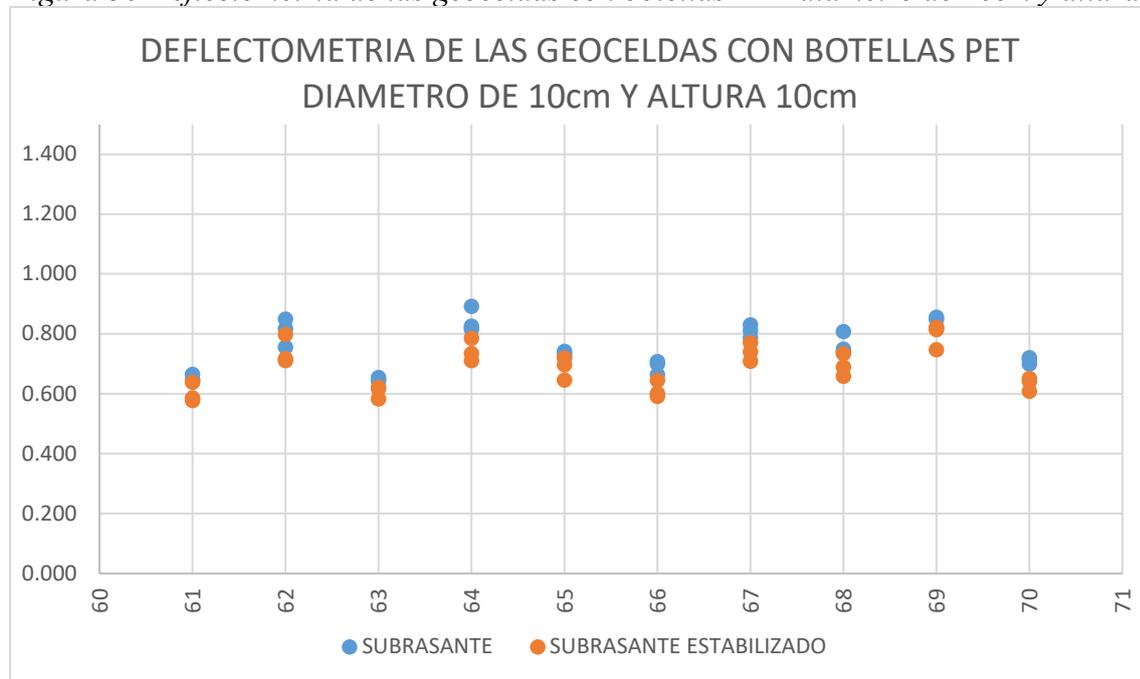
PUNTO	Nº LECTURA POR PUNTOS	SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
61	61 S1:	0.665	0.65	0.638	0.60
	61 S2:	0.648		0.577	
	61 S3:	0.643		0.585	
62	62 S1:	0.849	0.81	0.798	0.74
	62 S2:	0.817		0.711	
	62 S3:	0.755		0.717	
63	63 S1:	0.654	0.65	0.582	0.61
	63 S2:	0.647		0.621	
	63 S3:	0.642		0.616	
64	64 S1:	0.892	0.84	0.785	0.74
	64 S2:	0.826		0.710	
	64 S3:	0.815		0.734	
65	65 S1:	0.741	0.73	0.719	0.69
	65 S2:	0.733		0.645	
	65 S3:	0.725		0.696	
66	66 S1:	0.707	0.69	0.601	0.61
	66 S2:	0.700		0.644	
	66 S3:	0.664		0.591	
67	67 S1:	0.830	0.81	0.739	0.74

	67	S2:	0.811		0.770	
	67	S3:	0.787		0.708	
68	68	S1:	0.807	0.77	0.734	0.69
	68	S2:	0.749		0.689	
	68	S3:	0.739		0.658	
69	69	S1:	0.855	0.84	0.821	0.79
	69	S2:	0.848		0.814	
	69	S3:	0.820		0.746	
70	70	S1:	0.715	0.71	0.651	0.63
	70	S2:	0.720		0.641	
	70	S3:	0.699		0.608	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 10 cm y una altura de 10 cm, todo ello ubicado en la zona 3.

Figura 30 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 18 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm

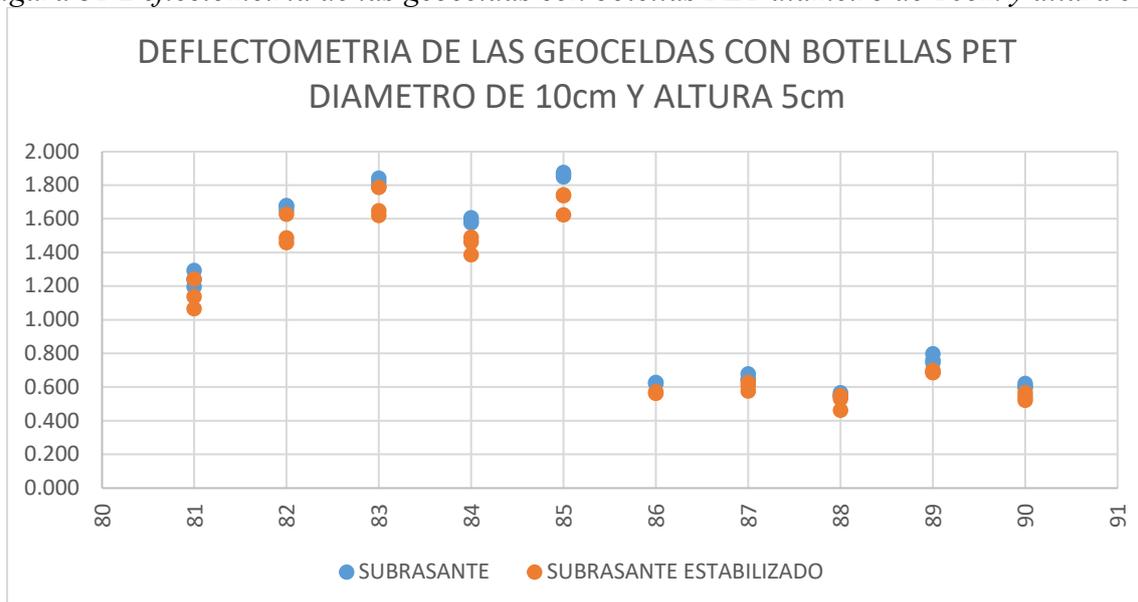
PUNTO	N° LECTURA POR PUNTOS		SUBRASANTE	LECTURA PROMEDIO (mm)	SUBRASANTE ESTABILIZADO	LECTURA PROMEDIO (mm)
81	81	S1:	0.855	0.84	0.699	0.64
	81	S2:	0.828		0.654	
	81	S3:	0.826		0.575	
82	82	S1:	1.170	1.26	0.772	0.75
	82	S2:	1.099		0.743	
	82	S3:	1.497		0.739	
83	83	S1:	0.909	0.79	0.592	0.58
	83	S2:	0.665		0.567	
	83	S3:	0.797		0.571	
84	84	S1:	0.823	0.93	0.696	0.69
	84	S2:	0.979		0.695	
	84	S3:	0.974		0.691	
85	85	S1:	0.851	0.84	0.721	0.66
	85	S2:	0.836		0.571	
	85	S3:	0.835		0.702	
86	86	S1:	0.796	0.73	0.217	0.26
	86	S2:	0.606		0.270	
	86	S3:	0.797		0.296	
87	87	S1:	0.977	1.10	0.632	0.63
	87	S2:	1.138		0.642	
	87	S3:	1.177		0.621	
88	88	S1:	1.014	1.02	1.008	0.98
	88	S2:	0.971		0.969	
	88	S3:	1.062		0.968	
89	89	S1:	0.946	0.92	0.660	0.70
	89	S2:	0.909		0.692	
	89	S3:	0.898		0.740	
90	90	S1:	1.074	1.06	0.673	0.67
	90	S2:	1.056		0.668	
	90	S3:	1.059		0.658	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la deflectometría de la subrasante, para ello se muestran 10 puntos para la deflexión de la subrasante blanda, en cada punto se toma tres lecturas de las cuales se toma el promedio, posterior se tomó unos 10 puntos en la misma zona con una

subrasante ya modificada con las geoceldas de PET con un diámetro de 10 cm y una altura de 10 cm, todo ello ubicado en la zona 3.

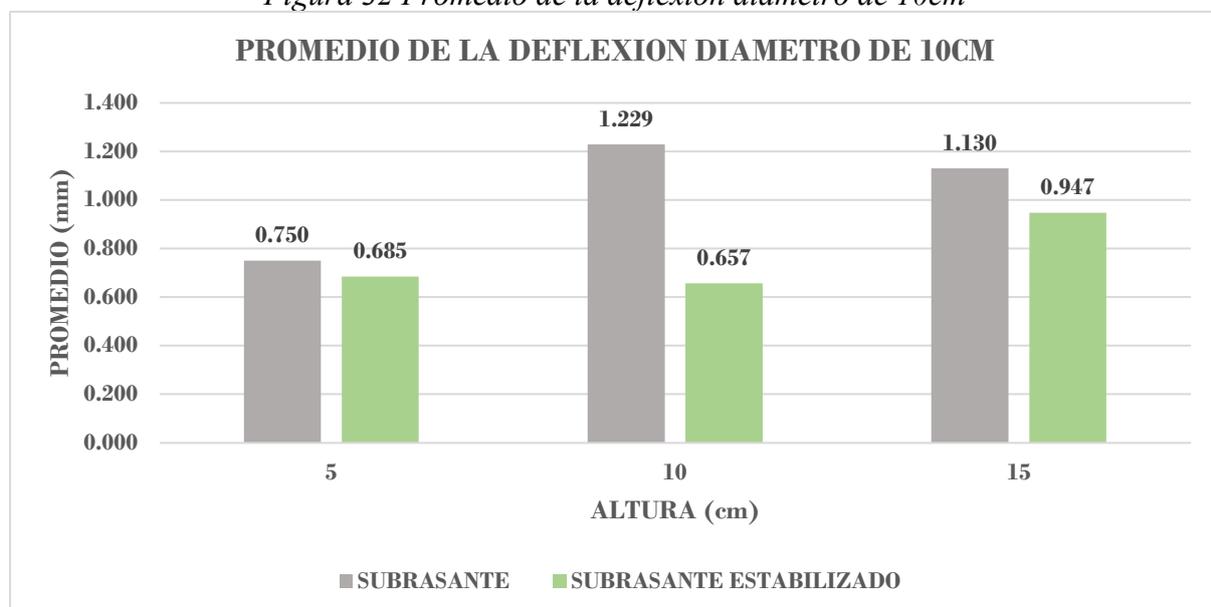
Figura 31 Deflectometría de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la deflectometría de la subrasante del suelo blando, también muestra la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET, estos puntos muestran una menor deflexión en comparación con la subrasante blanda.

Figura 32 Promedio de la deflexión diámetro de 10cm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura, se muestra el promedio de la deflexión con un diámetro de 7.5cm, se compara cada una de ellas por la altura que se obtiene que es de 5, 10 y 15cm, donde nos da que la

subrasante obtiene una mayor deflexión con respecto a la deflexión de la subrasante estabilizada con geoceldas de botellas PET.

4.4.2 Módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET zona 1

Las tablas y los gráficos a continuación muestran el módulo de resiliencia de las geoceldas de botellas PET, donde se realizó un retro calculo mediante la deflexión que nos arroja el equipo del deflectómetro, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$ELWD = \frac{1.5r\sigma}{\delta}$$

r: radio de la placa

σ : Esfuerzo

δ : deflexión

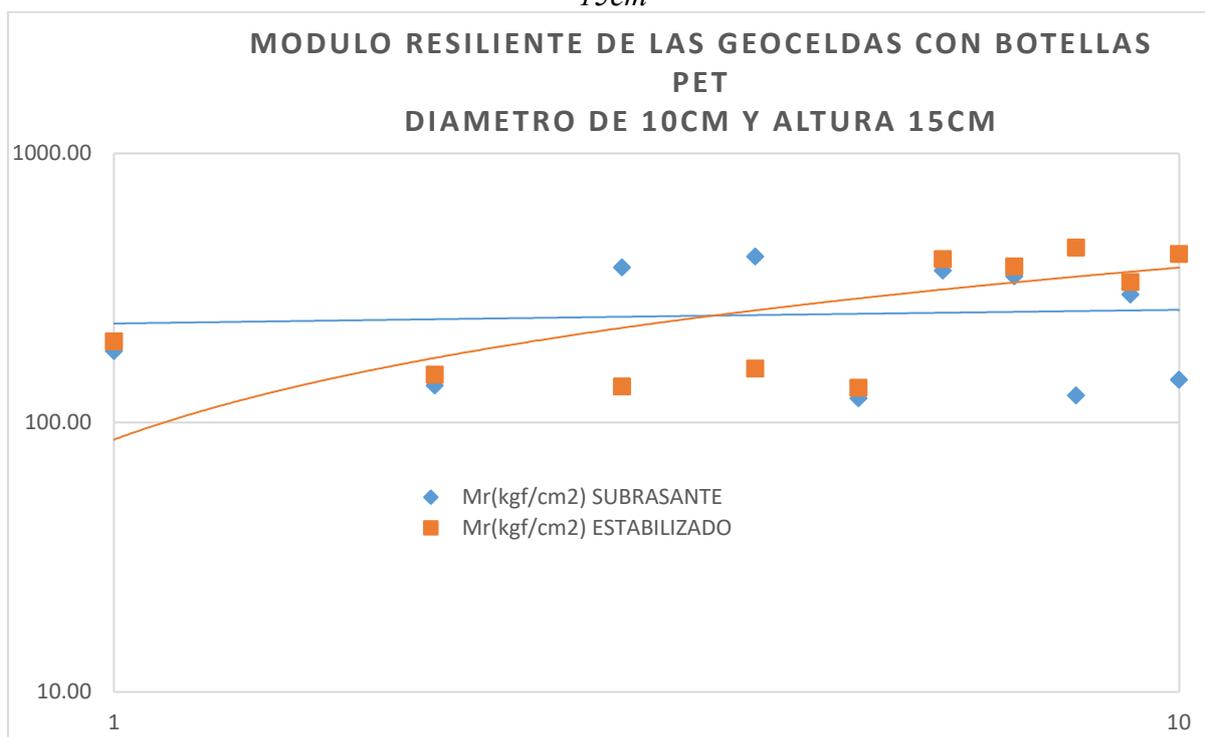
Tabla 19 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
21	18.11	184.63	19.60	199.91
22	13.48	137.47	14.76	150.50
23	12.38	377.57	13.36	136.21
24	14.16	414.15	15.56	158.66
25	12.08	123.15	13.22	134.85
26	36.00	367.10	39.71	404.90
27	34.23	349.04	37.25	379.85
28	40.61	126.25	43.79	446.57
29	29.31	298.88	32.59	332.38
30	37.03	144.39	41.44	422.62

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 33 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

Tabla 20 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm

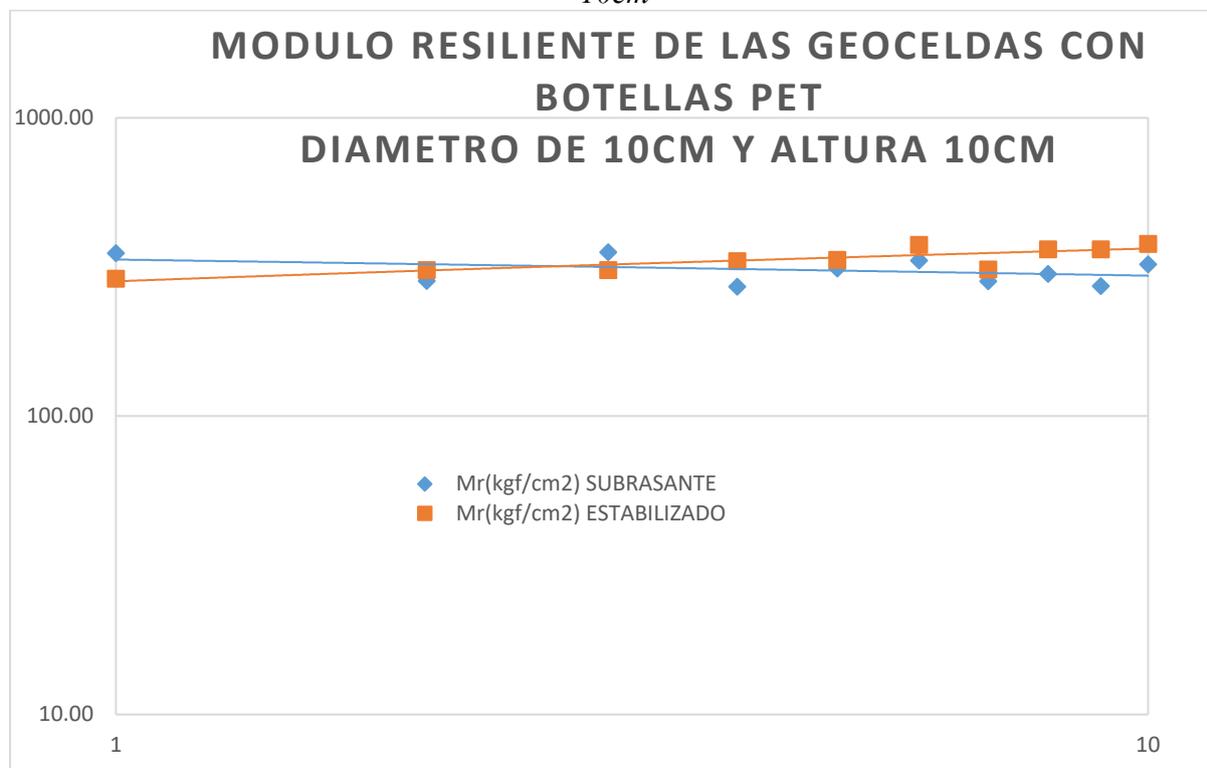
PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
1	34.51	351.90	37.49	289.08
2	27.88	284.31	30.32	309.20
3	34.74	354.25	37.10	308.82
4	26.65	271.74	30.29	330.73
5	30.70	313.01	32.77	334.16
6	32.59	332.36	36.77	374.92
7	27.80	283.49	30.44	310.41
8	29.41	299.92	32.43	362.35
9	26.75	272.81	28.35	362.35
10	31.63	322.54	35.53	378.30

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la

comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 34 Modulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 10cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

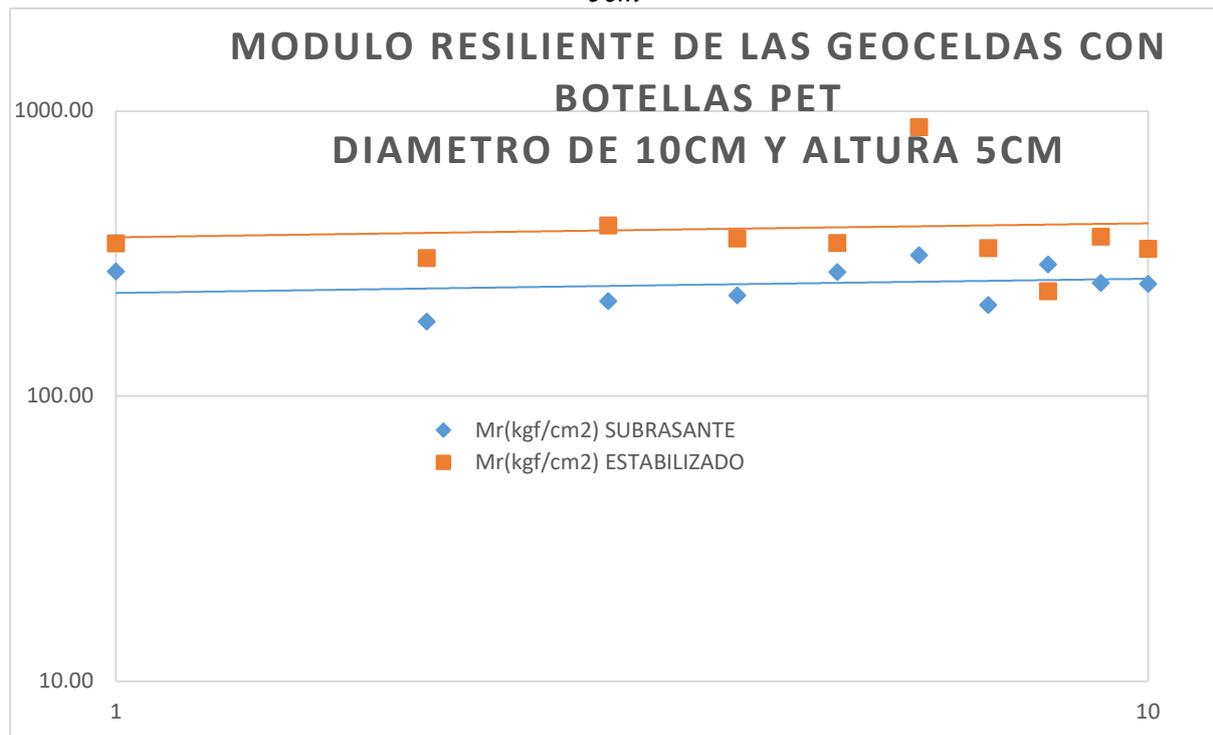
Tabla 21 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm

PUNTO	ELWD(Mpa) SUBRASANTE	Mr(kgf/cm2) SUBRASANTE	ELWD(Mpa) ESTABILIZADO	Mr(kgf/cm2) ESTABILIZADO
21	26.90	274.34	35.03	344.33
22	17.92	182.77	29.95	305.37
23	28.47	215.81	39.02	397.87
24	24.32	225.97	32.42	357.17
25	26.76	272.92	33.85	345.16
26	30.68	312.89	86.21	879.07
27	20.50	209.09	35.62	330.60
28	22.16	290.35	22.92	233.72
29	24.52	250.02	32.27	363.22
30	21.16	247.96	33.77	329.03

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior nos proporciona los datos del módulo de resiliencia de la subrasante blanda, estos datos se consiguieron mediante la fórmula anteriormente mostrada, para la comparación de la subrasante ya modificada con geoceldas con botellas PET se proporcionó los datos de la deflexión de la subrasante modificada.

Figura 35 Módulo resiliente de las geoceldas con botellas PET diámetro de 10cm y altura 5cm



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra el módulo resiliencia de la subrasante blanda y el módulo de resiliencia de la subrasante estabilizado con geoceldas con botellas PET, la gráfica de la subrasante estabilizada muestra una tendencia positiva en comparación con la subrasante blanda.

INTERPRETACIÓN 03

La medición de la deflexión de la subrasante se desarrolló con el material arcilloso, para lo cual se dividió en 3 zonas, cada área se tomó con 10 puntos, en cada punto se tomaron tres lecturas de la deflexión de la subrasante dándonos así el resultado. Para la subrasante estable, citado de la misma manera, estos resultados nos dan la mejora en la deflexión, tomando el promedio de 10 puntos para la subrasante y la subrasante estable, para una primera zona de diámetro 10 cm y altura 5 cm, la subrasante La deflexión promedio es de 0.750 mm, y la deflexión promedio de la plataforma estable es de 0.685 mm. Para la segunda área con un

diámetro de 10 cm y una altura de 10 cm, la deflexión promedio de la plataforma es de 1.229 mm. Para una plataforma estable, la desviación promedio es de 0.657 mm, y por último la calzada media en la tercera zona con un diámetro de 10 cm y una altura de 15 cm es de 1.130 mm, y la calzada estable media es de 1.947 mm.

4.5 Sistema convencional de reemplazo de material

Para el caso del costo de corte de material suelto hasta nivel de la subrasante se tomó las especificaciones que se establecen en el MTC-2014.

Tabla 22 Costo del corte de material suelto hasta nivel subrasante

DESCRIPCIÓN	ESPEJOR (cm)	METRADO (m3)	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
SIN GEOCELDAS	40	270	8.79	2373.30
CON GEOCELDAS	25	168.5	8.79	1481.12

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del reemplazo del material de la subrasante, del mismo modo se tomó las especificaciones que se establecen en el MTC-2014.

Tabla 23 Costo de reemplazo de material de la subrasante

DESCRIPCIÓN	ESPEJOR (cm)	METRADO (m3)	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
SIN GEOCELDAS	40	270	16.8	4536.00
CON GEOCELDAS	25	168.5	16.8	2830.80

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN 04

Se desarrolló tanto el costo del corte del material del terreno natural de material suelto hallando el metrado y conociendo los costos por metros cúbicos donde nos da un costo parcial de 2373.30 soles para la subrasante sin estabilizar, y para la subrasante estabilizada se obtiene un costo de 1481.12 soles. Procediendo con el cálculo del costo de reemplazo de material de la

subrasante sin estabilizar se tiene un costo de 4536.00 soles y para la subrasante estabilizada se obtiene un costo de 2830.80 soles.

DISCUSIÓN

- i. Considerando los resultados de deflexión se obtiene el mejoramiento de la subrasante en cuanto a la deflexión disminuye y el módulo de resiliencia tiende a ser positiva. El trabajo titulado “Propuesta de Mejoramiento de Subrasantes de Pavimentos Flexibles Utilizando Geomallas Biaxiales en Suelos de Bajo Valor de la Región Soporte California-Ahuac” se basa en las recomendaciones realizadas para la sección de Suelos y Pavimentos del MTC (2014), Deberá reemplazar 40 cm de material en un suelo blando. Porque los suelos con estas propiedades físicas y mecánicas se consideran suelos inadecuados, inestables y con bajo valor de soporte. Sin embargo, al utilizar geomallas biaxiales de tipo MacGrid EGB 20 y MacGrid EGB 30, no se requiere modificación del tipo de suelos utilizados para los primeros ensayos. Para ambos casos se visualiza un mejoramiento en la estabilización de los suelos.

- ii. Respecto a la segunda hipótesis, podemos señalar que en un 9.13% se mejora la deflexión en comparación de la primera zona con un espesor de 10 cm y las botellas de 5 cm, la deflexión media de la subrasante es de 1.095 mm, para una subrasante estable de 0.995 mm, en la segunda zona 23.38% se mejora la deflexión en comparación de la primera zona con un espesor de 10 cm y las botellas de 7.5 cm, la deflexión media de la subrasante es de 1.185 mm , para una subrasante estable de 0.908 mm, finalmente la tercera área se mejora en un 46.54, tiene un diámetro de 10 cm y una altura de 10 cm la plataforma es de 1.229 mm, y la plataforma estable es de 0.657 mm. La investigación se titula “Mejoramiento de Subsuelos de Arcilla mediante la Reducción de Capas de Pavimento mediante la Aplicación de Sistemas de Confinamiento de Celdas”. La cantidad de deflexión que puede soportar nuestro modelo real muestra una deflexión inicial de 2,33 mm, en cualquier caso, no puede exceder este límite, ya que nuestro proyecto fallará. Por lo tanto, en el análisis se eliminó la capa de material de la subbase, y se combinó el análisis con el mejoramiento de la subrasante, y finalmente la deflexión fue de 1.12 mm. En este caso coincide con lo expuesto anteriormente donde se muestra un mejoramiento favorable con el tratamiento de geoceldas.

- iii. Para el módulo de resiliencia de la subrasante del material cohesivo del suelo, para tres secciones, se toman 10 puntos en cada área, y en cada punto se toman tres lecturas de la deflexión de la subrasante, de modo que se promedian los resultados de cada punto, y luego se desarrollaron inversamente para dar el módulo de elasticidad. Los gráficos muestran una tendencia positiva para la subrasante estable de los tres segmentos de carretera. En su estudio titulado “Mejoramiento de la subrasante del suelo arcilloso aplicación del sistema de confinamiento celular para la reducción de las capas del pavimento”, debido al efecto de la aplicación del sistema de envolvente celular en los caminos de ingeniería vial, se puede observar que el módulo elástico de las capas adyacentes produce Si la capa adyacente es la capa base, aumentará de 108,87 MPa a 108,87 MPa en este estudio; si la capa adyacente es la capa base, el aumento máximo aumentará de 134,04 MPa a 187,65 MPa; si la capa adyacente es la capa base, el incremento máximo pasará de 108,87 MPa a 152,42 MPa. Mejora del 40,00% en ambos casos.
- iv. Calculamos el costo por metro cúbico de material de corte del terreno natural de material suelto, donde la parte de la calzada inestable costó 2373,30 soles y la parte de la calzada estable costó 1481,12 soles. Continuando con el cálculo de los costos de material de reposición para la plataforma inestable, el costo es de 456,00 soles y 2830,80 soles para la plataforma estable. El trabajo titulado “Propuesta para el Mejoramiento de Subrasantes de Pavimentos Flexibles Utilizando Geomallas Biaxiales en Suelos de Baja Valorización del Distrito Soporte California-Ahuac” analiza los costos de ejecución del proyecto de estabilización mecánica explicado anteriormente, que surge en el mejoramiento de subrasantes; mucho mayor que el costo de estos elementos analizados por el refuerzo de geomalla; esto amplifica las ventajas del refuerzo de geomalla sobre la estabilidad mecánica; esta diferencia se debe en parte a la medición de estos elementos, ya que la colocación de geomalla no solo reduce el costo de préstamo de material, y dado que él se reduce el espesor de la capa de pavimento flexible, también se reduce su medida. Teniendo en cuenta las recomendaciones del MTC (2014), el ahorro aproximado para el tramo estudiado fue de 15,02% con geomalla MacGRID EGB 20 y 15,96% con geomalla MacGRID EGB 30. en ambos casos. Lo cual en ambos estudios muestran una disminución favorable en los gastos al usar el mejoramiento con las geoceldas.

CONCLUSIONES

- i. Al implementar las geoceldas con botellas PETS (Polietilén Tereftalato) se realiza un cambio físico para mejorar el comportamiento del suelo blando, disminuye la deflexión de la subrasante, en tanto el módulo de resiliencia tiende a ser positiva. Estos resultados son favorables para la estabilización de los suelos blandos utilizados como material para la subrasante de la carpeta asfáltica en Huancayo.
- ii. En la investigación se visualizó una mejora en la deflexión en todas las combinaciones que se realizaron siendo la más alta la geocelda de diámetro 10 cm y espesor de 10 cm con una mejora del 46.54% con respecto a la zona conformada sin refuerzos a la estabilizada con geoceldas. Las zonas estabilizadas con geoceldas de botellas PET (Polietilén Tereftalato) mejoran el suelo blando disminuyendo la deflexión.
- iii. El estudio realizado demostró que el uso de geoceldas de botellas PET en las plataformas mejoran en un 40% en el módulo elástico en todas las regiones estudiadas, lo que sugiere una mejora en la resistencia y durabilidad de la plataforma. Estos hallazgos respaldan la eficacia de esta tecnología para brindar beneficios tangibles en la mejora de la resiliencia del suelo en diferentes áreas geográficas.
- iv. La implementación de geoceldas en las capas de subrasante reduce significativamente los costos asociados con el corte y reemplazo de material del terreno. Se observa una disminución del 37.59% en los costos totales al utilizar geoceldas, lo que indica que esta técnica es una alternativa efectiva y económica para estabilizar las capas de subrasante. Además, se evidencia que las capas con geoceldas de menor espesor presentan menor deformación que las capas de mayor espesor sin reforzamiento, lo que sugiere una mayor eficacia en el refuerzo del terreno. En resumen, la utilización de geoceldas resulta en una mejora en la eficiencia y en la reducción de costos en comparación con las técnicas tradicionales de estabilización de suelos.

RECOMENDACIONES

- i. De acuerdo con la investigación realizada, se recomienda implementar las geoceldas con botellas PET para mejorar el comportamiento del suelo blando, disminuyendo la deflexión de la subrasante y aumentando la resiliencia del suelo. Los resultados obtenidos demostraron una mejora significativa en la deflexión y en el módulo elástico del suelo al utilizar geoceldas, lo que sugiere una mayor resistencia y durabilidad de la plataforma.
- ii. Además, se observó una reducción de los costos asociados con el corte y reemplazo de material del terreno al utilizar geoceldas, lo que lo convierte en una alternativa efectiva y económica para la estabilización de las capas de subrasante. Se recomienda utilizar geoceldas de menor espesor para una mayor eficacia en el refuerzo del terreno.
- iii. En conclusión, la implementación de geoceldas con botellas PET en las capas de subrasante representa una mejora en la eficiencia y una reducción de costos en comparación con las técnicas tradicionales de estabilización de suelos. Esta tecnología puede brindar beneficios tangibles en la mejora de la resiliencia del suelo en diferentes áreas geográficas, por lo que se sugiere su utilización en proyectos de infraestructura vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguinaga, Daniel Alberto Aguilar. 2016. *Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña.* Lima - Perú : Pontificia Universidad Católica Del Perú - Facultad De Ciencias E Ingeniería, 2016.

Angie Catalina Suspes Páez, Jeferson Carpio Patiño, Hector Giovanni Maldonado Tinjaca. 2018. *Tramo de prueba con estructura convencional y la implementación de geoceldas en la cl 128a entre tv 60 y ak 72 bogotá.* Bogota D.C. - Colombia : Universidad Católica De Colombia, Facultad De Ingeniería, Especialización En Ingeniería De Pavimentos, 2018.

Buendia , Leonor . 1998. *Metodos de Investigacion en Psicopedagogia .* Madrid : Cristina Casado Lumbreras, 1998.

Chávez Díaz, Hellen Dassilane y Fernández Cobeña, David Nefi. 2021. *Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geocelda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana.* lima - Peru : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021.

Edu, Ramirez Jara Israel. 2018. *Estabilización de suelos de la avenida 2 del caserío de Pueblo Libre Nuevo, adicionando 3% y 5% de la ceniza de schinus molle de horno artesanal, Distrito de Pueblo Libre –Huaylas – Ancash.* Caraz – Perú : Universidad San Pedro , 2018.

Juan David Garzón Florian, Brayan Daniel Henao Alfonso. 2019. *Estudio de alternativa para la estabilidad de un suelo utilizando materiales reciclables vs geoceldas convencionales.* Bogota D.C. - Colombia : Universidad Catolica De Colombia, 2019.

Mattos Espinoza, Jesús Martín. 2019. *Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento.* Lima – Perú : Universidad Ricardo Palma - Facultad De Ingenieria Civil, 2019.

Nettali, Toledo. 2014. *Poblacion y Muestra .* Ciudad de Mexico : s.n., 2014.

Prieto , Bayron. 2017. *El uso de los metodos deductivos e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisicion de evidencias digitales.* Bogota : Articulos , 2017.

Quijada, Son Américo Nolazco. 2019. *Uso de geoceldas en pavimentos flexibles usadas en los últimos 10.* Lima - Perú : Universidad Privada Del Norte, 2019.

Ramírez, Claudia Milena Cuartas. 2015. *Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas.* Bogotá, Colombia, : Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

Salinas Suárez John Edwards, Villao Carvajal Ricardo Adrián. 2019. *Estudio comparativo de estabilización de suelos de subrasante (suelos expansivos), utilizando cal, sal y geoceldas, para implementación en una nueva vía en la comuna bajadita de colonche de la parroquia colonche.* La Libertad, Ecuador : Universidad Estatal Península De Santa Elena Facultad De Ciencias De La Ingeniería Carrera Ingeniería Civil, 2019.

Tipos de Investigación . **Esteban Nieto , Ncomedes Teodoro . 2015.** 2015, Repositorio USDG, pág. 4.

ANEXO

Matriz de consistencia

TÍTULO: “Estabilización artesanal de suelos blandos aplicando geoceldas elaborados con botellas de PET - Huancayo 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabiliza los suelos blandos - Huancayo 2022?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Identificar en qué medida las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabiliza los suelos blandos - Huancayo 2022.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>las geoceldas artesanales elaboradas con botellas de PET, estabilizan los suelos blandos - Huancayo 2022.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)</p> <p>geoceldas artesanales de botellas PET</p>	<p>•Diámetro de botella reciclada</p> <p>•Espesor de la lámina de botella reciclada</p> <p>•Altura de la botella reciclada</p>	<p>• 5 cm.</p> <p>• 7.5 cm</p> <p>• 10 cm</p> <p>• 5cm</p> <p>• 10cm</p> <p>• 15cm</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Tecnología Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo y explicativo</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Experimental</p> <p>POBLACIÓN: subrasantes arcillosas de la Ciudad de Huancayo.</p> <p>MUESTRA: tramo de prueba de 20 m construido en COCHAS.</p> <p>INSTRUMENTOS:</p> <p>Formato para recopilación de datos.</p> <p>Formato para procesamiento de datos.</p> <p>Formato para validación de resultados.</p> <p>Normatividad Nacional.</p> <p>Artículos de investigación, Tesis</p> <p>Ensayo de deflectometría.</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <p>i. ¿En qué medida las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en las deflexiones de la subrasante de suelo blandos - Huancayo 2022?</p> <p>ii. ¿En qué modo las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en el módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2022?</p> <p>iii. ¿En qué sentido las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influye en la reducción de espesores de pavimentos y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2022?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <p>i. Determinar en qué medida las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en las deflexiones de la subrasante de suelo blandos - Huancayo 2022.</p> <p>ii. Indicar en qué modo las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influyen en el módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2022.</p> <p>iii. Definir en qué sentido las geoceldas elaboradas con botellas de PET, influye en la reducción de espesores de pavimentos y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2022.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>•Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, reducen las deflexiones de la subrasante de suelo blandos - Huancayo 2021.</p> <p>•Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, incrementan el valor del módulo de resiliencia de la subrasante de suelo arcilloso - Huancayo 2021.</p> <p>•Las geoceldas elaboradas con botellas de PET, reducción el espesor y el costo del pavimento afirmados - Huancayo 2021.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (VD)</p> <p>propiedades mecánicas de la subrasante y Costos</p>	<p>•Deflexiones Do.</p> <p>•Módulo de resiliencia de</p> <p>•Espesor de capas de pavimentos. (cm)</p> <p>•Costo unitario S/.m2</p>	<p>• Pavimentos. (cm)</p> <p>• Costo unitario S/.m2</p>	

Certificados



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELIDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

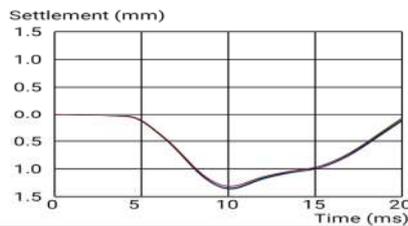
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 1

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

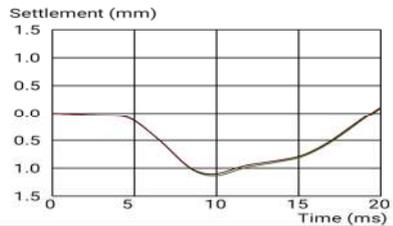
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.8MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

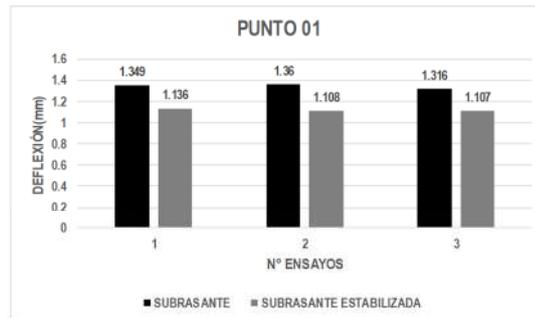
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

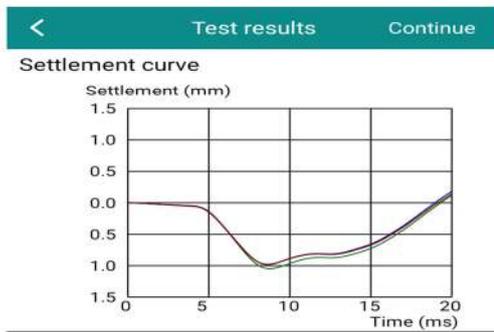
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1

N° PUNTO: 2

SUBRASANTE

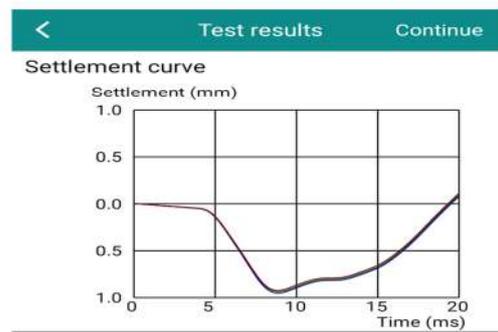


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:24
 End Time: 2022-09-01 10:26
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.048mm
 S2: 0.978mm
 S3: 0.984mm
 Si: 1.0mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

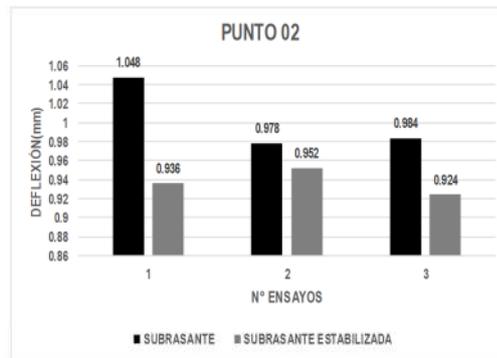
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:21
 End Time: 2022-09-01 10:24
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 0.936mm
 S2: 0.952mm
 S3: 0.924mm
 Si: 0.94mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX ELRL

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX ELRL



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELADAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1

Nº PUNTO: 3

SUBRASANTE

Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

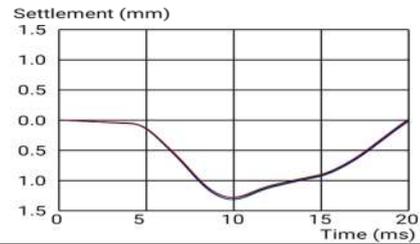
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

Test results Continue

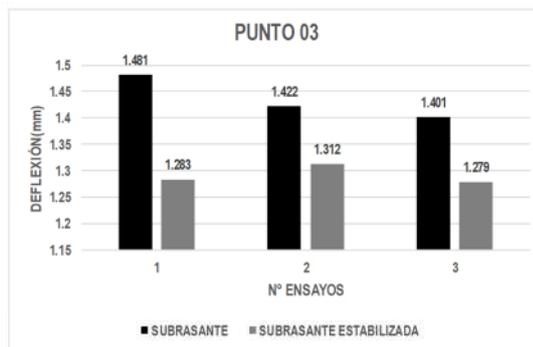
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.



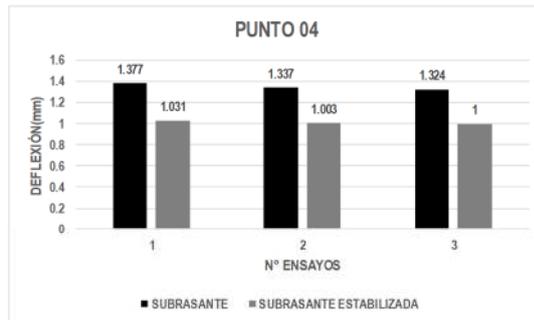
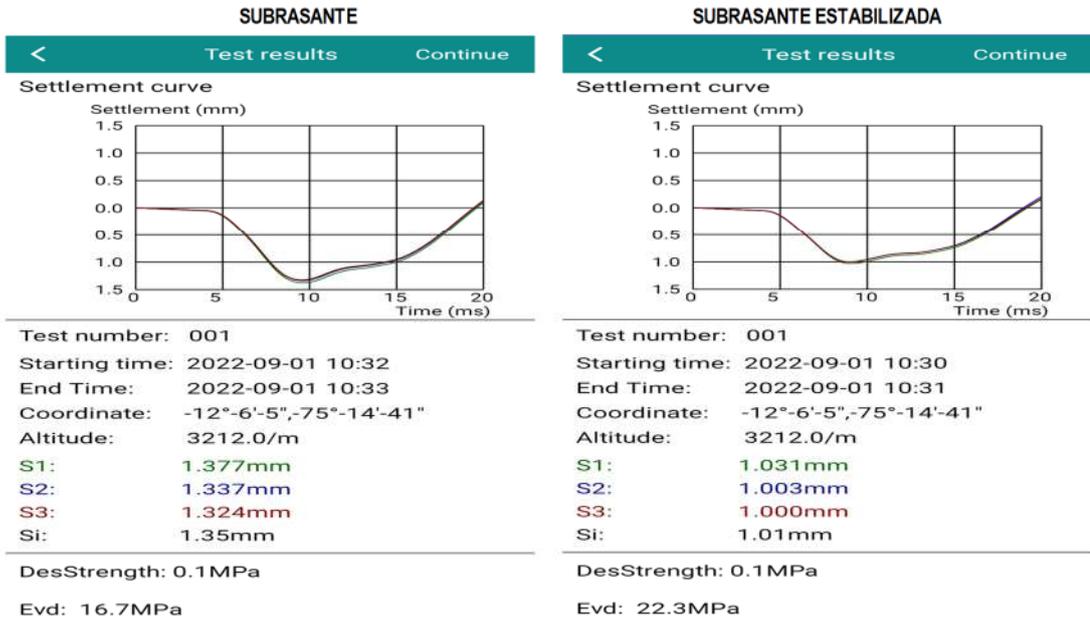
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1

N° PUNTO: 4



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



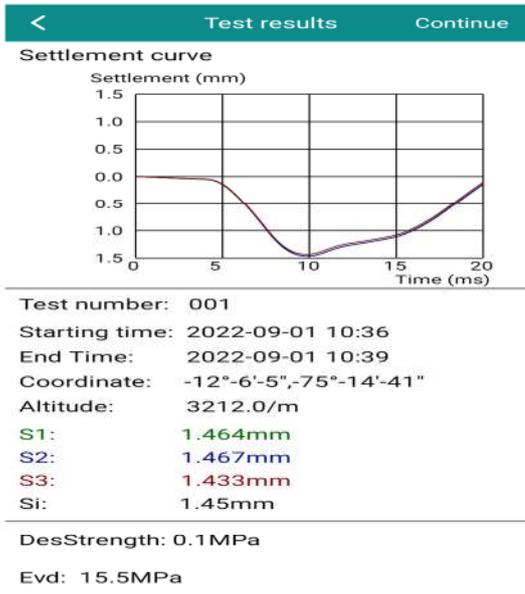
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

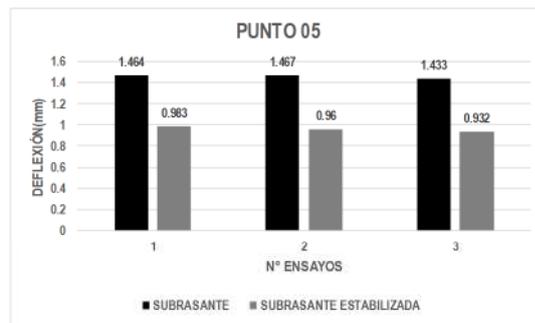
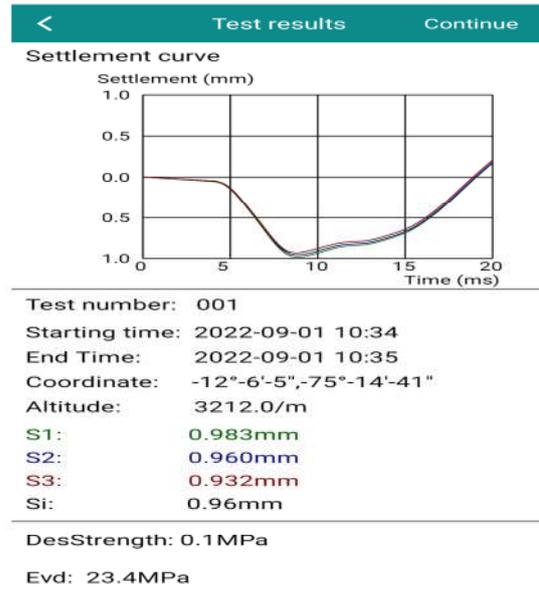
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 5

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adolfo Rojas Poma
 Julio Adolfo Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



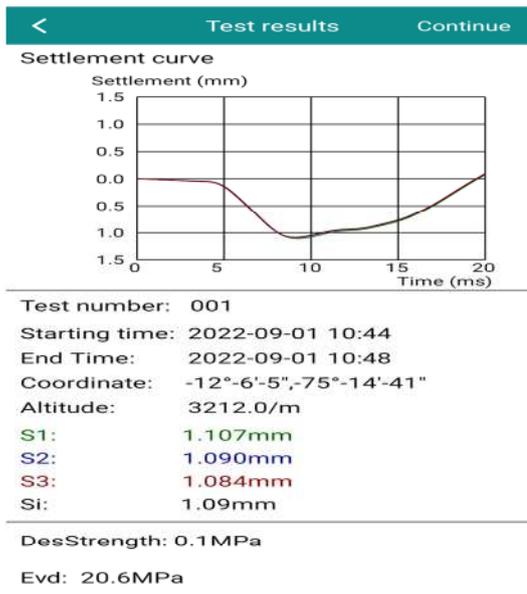
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

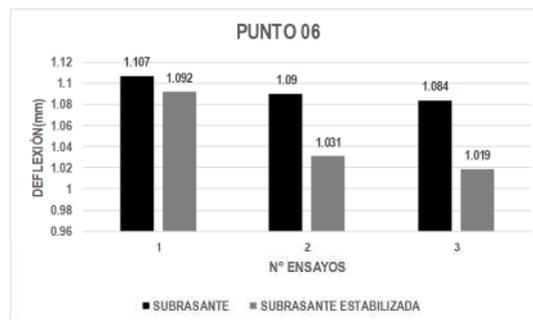
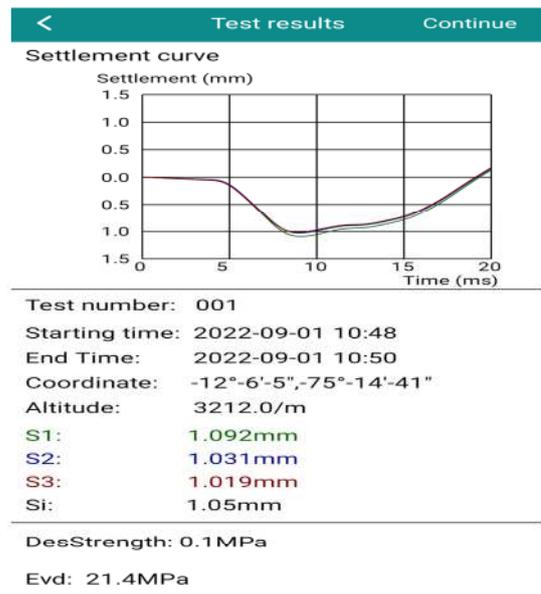
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 6

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

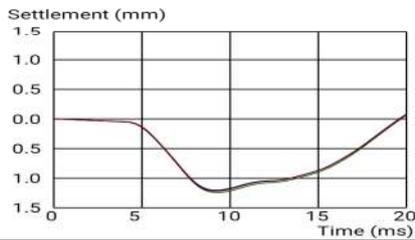
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 7

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



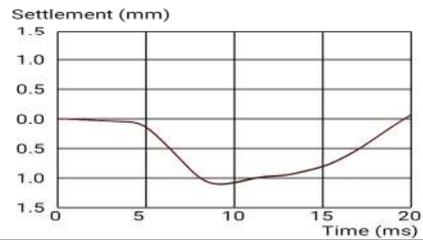
Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:57
 End Time: 2022-09-01 10:59
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.244mm
 S2: 1.204mm
 S3: 1.221mm
 Si: 1.22mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 18.4MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

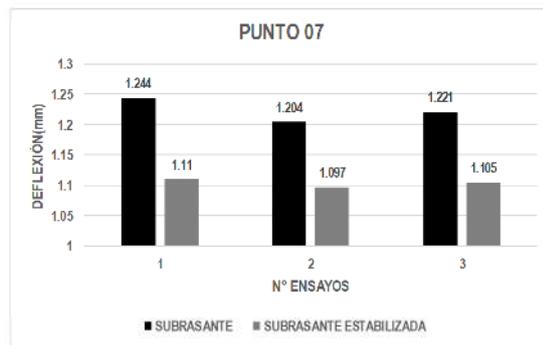
< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:55
 End Time: 2022-09-01 10:57
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.110mm
 S2: 1.097mm
 S3: 1.105mm
 Si: 1.1mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 20.5MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

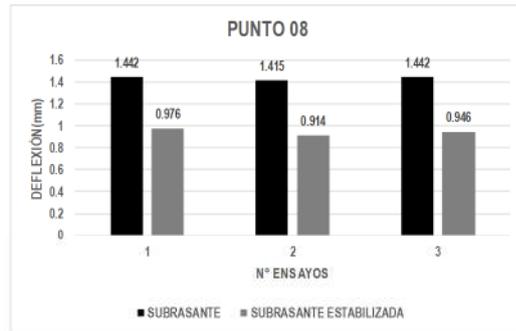
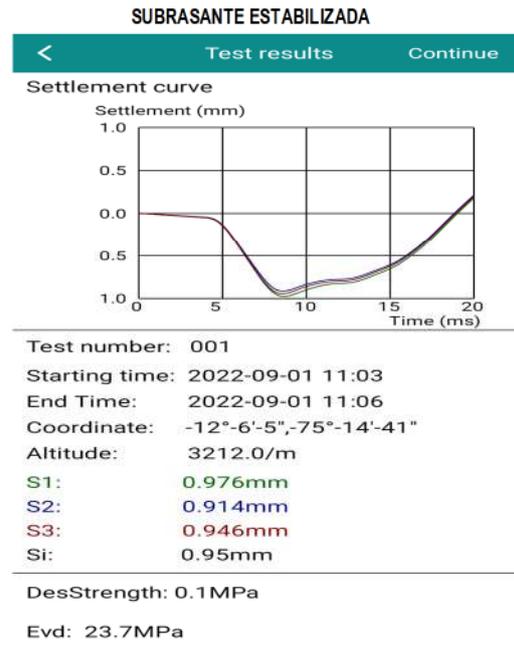
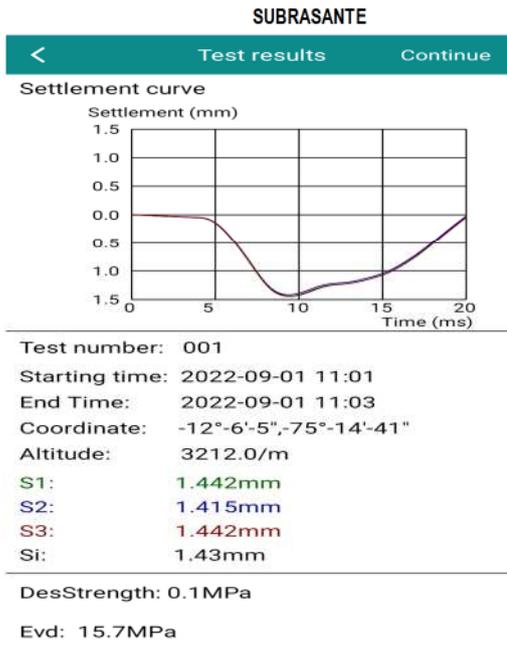


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 8



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Ascanio Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDA ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

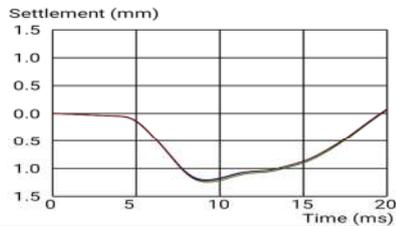
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 9

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



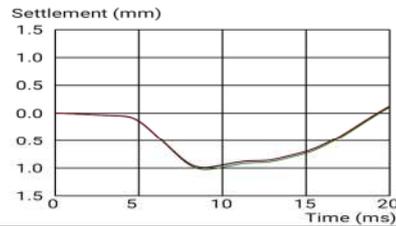
Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:57
 End Time: 2022-09-01 10:59
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.244mm
 S2: 1.204mm
 S3: 1.221mm
 Si: 1.22mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 18.4MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

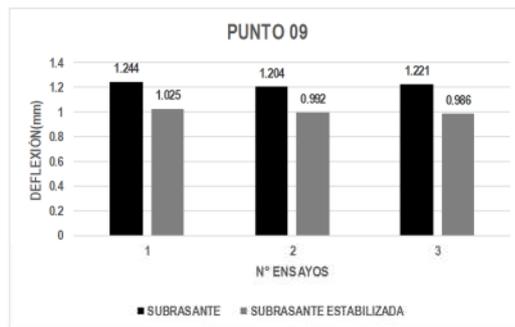
< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:06
 End Time: 2022-09-01 11:09
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3211.5/m
 S1: 1.025mm
 S2: 0.992mm
 S3: 0.986mm
 Si: 1.0mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 22.5MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

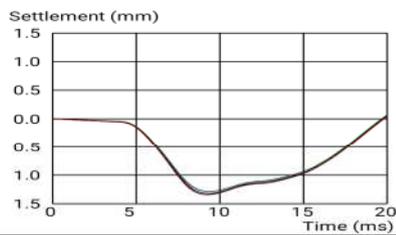
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 10

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

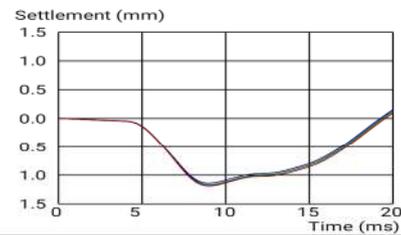
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

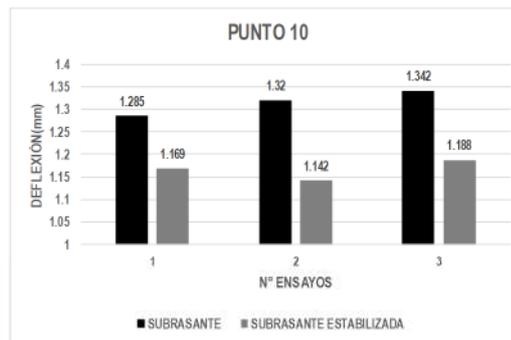
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

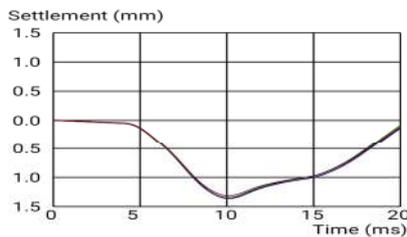
ZONA: 2

N° PUNTO: 11

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



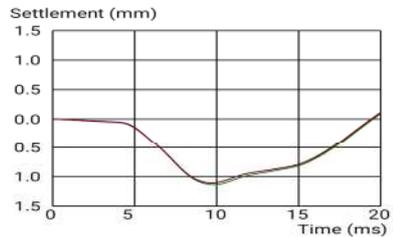
Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 16.8MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

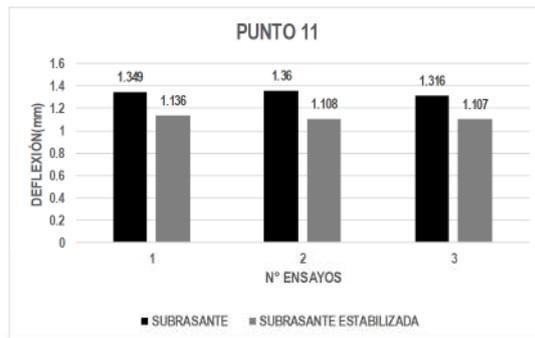
< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

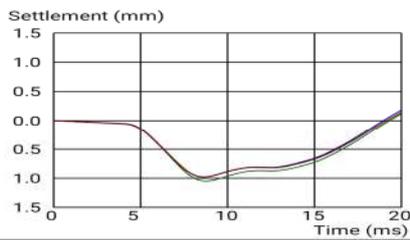
ZONA: 2

Nº PUNTO: 12

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:24
 End Time: 2022-09-01 10:26
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.048mm
 S2: 0.978mm
 S3: 0.984mm
 Si: 1.0mm

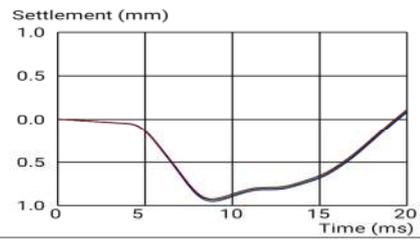
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

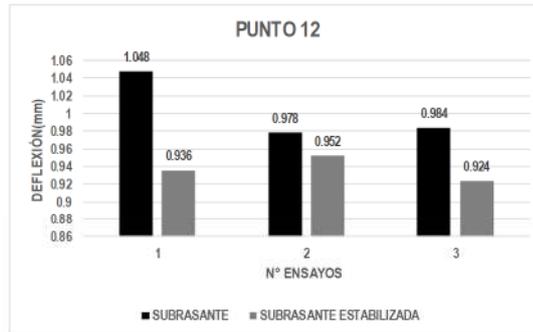
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:21
 End Time: 2022-09-01 10:24
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 0.936mm
 S2: 0.952mm
 S3: 0.924mm
 Si: 0.94mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDA ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

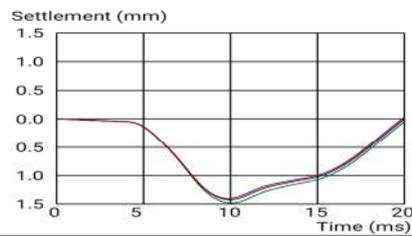
ZONA: 2

N° PUNTO: 13

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



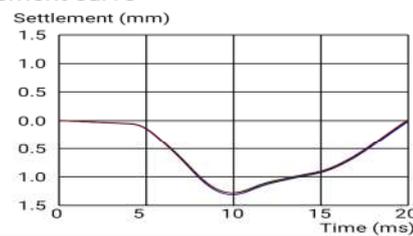
Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 15.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

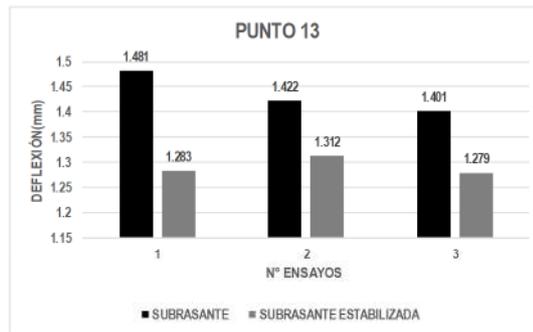
< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELADAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

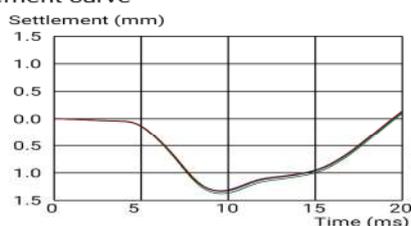
ZONA: 2

N° PUNTO: 14

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:32
 End Time: 2022-09-01 10:33
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.377mm
 S2: 1.337mm
 S3: 1.324mm
 Si: 1.35mm

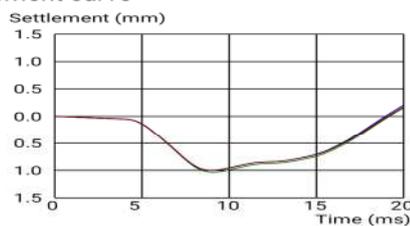
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

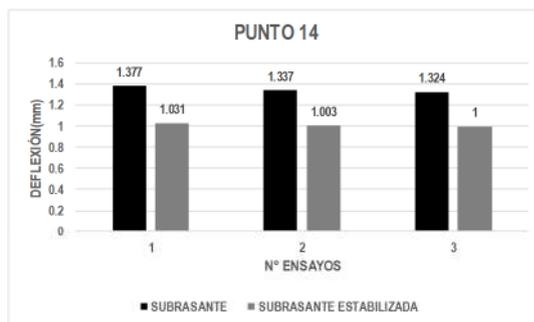
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:30
 End Time: 2022-09-01 10:31
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.031mm
 S2: 1.003mm
 S3: 1.000mm
 Si: 1.01mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.3MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

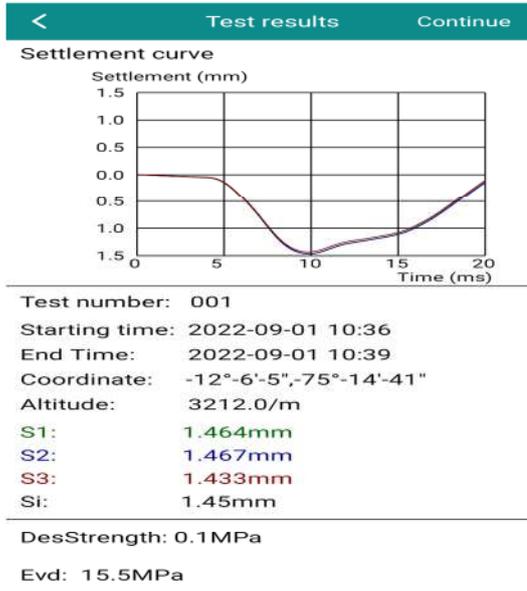
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

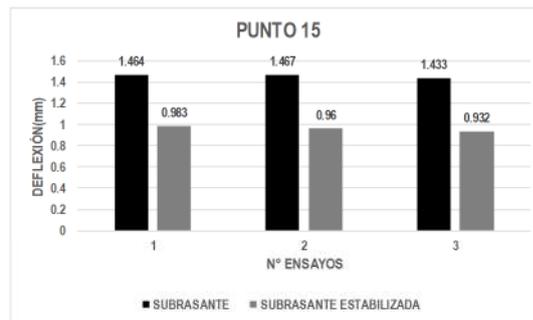
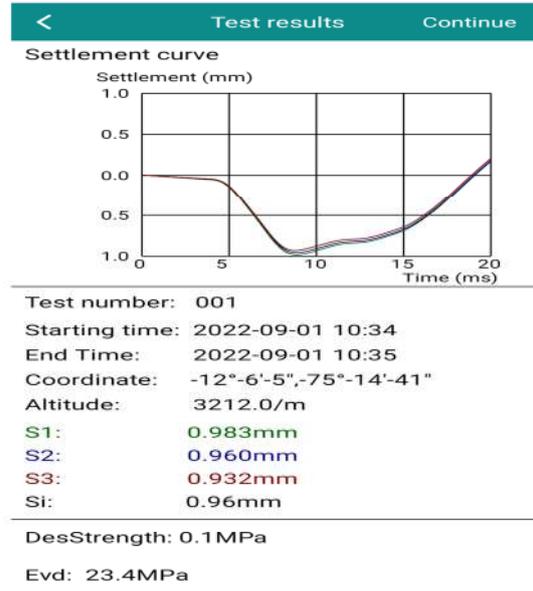
ZONA: 2

N° PUNTO: 15

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Acuña Rojas Poma
 Julio Acuña Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

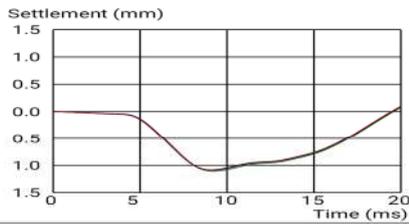
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 2 N° PUNTO: 16

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:44
 End Time: 2022-09-01 10:48
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.107mm
 S2: 1.090mm
 S3: 1.084mm
 Si: 1.09mm

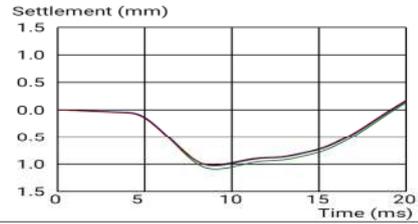
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 20.6MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

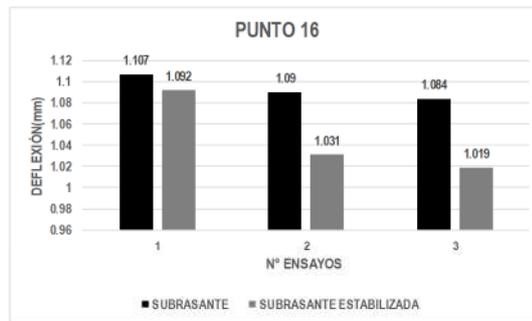
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:48
 End Time: 2022-09-01 10:50
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.092mm
 S2: 1.031mm
 S3: 1.019mm
 Si: 1.05mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 21.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

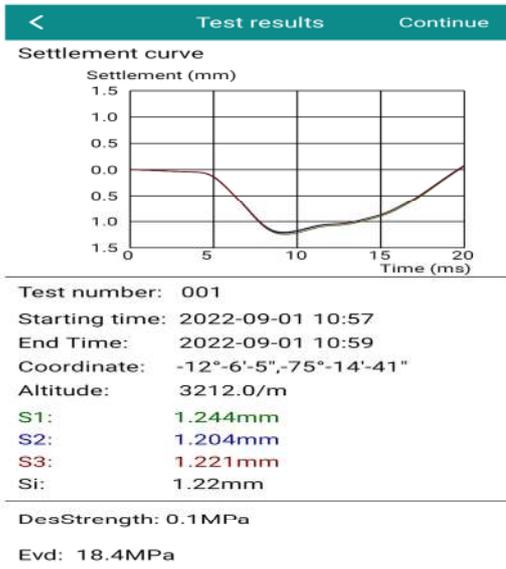
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

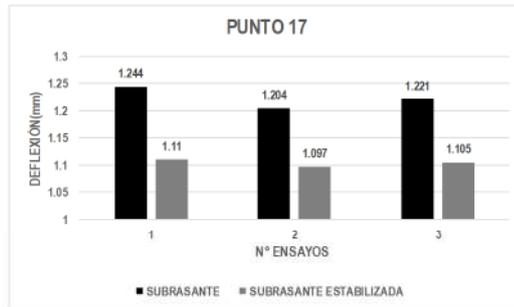
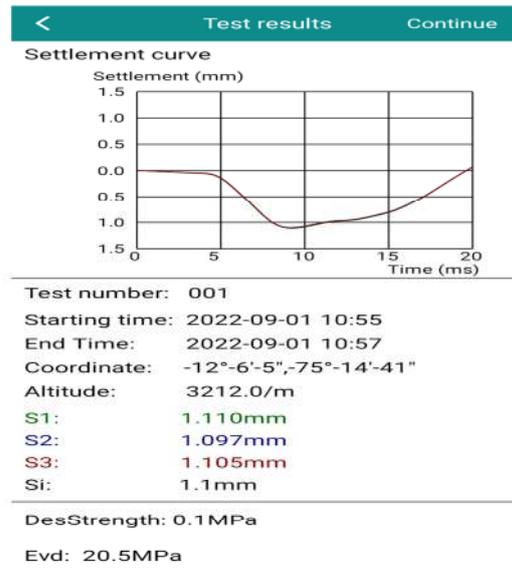
ZONA: 2

N° PUNTO: 17

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Achican Rojas Poma
 Julio Achican Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

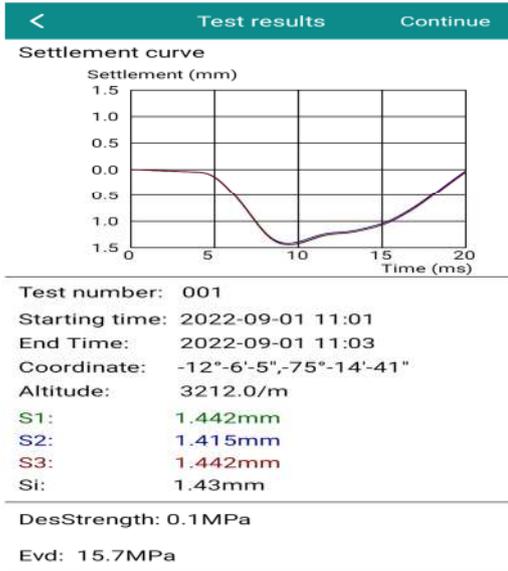
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

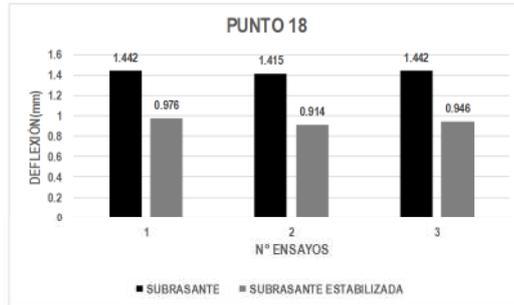
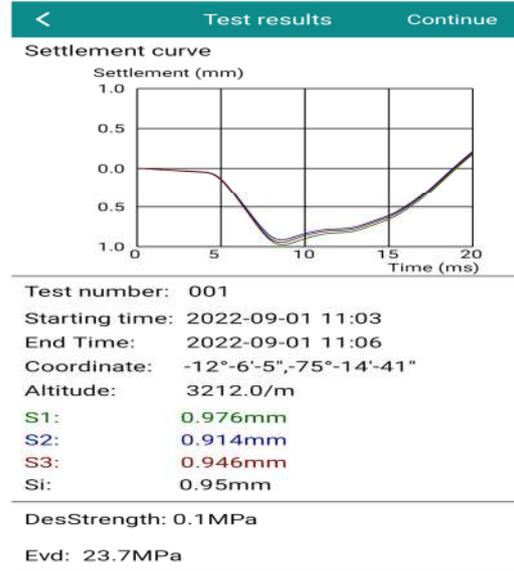
ZONA: 2

N° PUNTO: 18

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Acuña Rojas Poma
 Julio Acuña Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

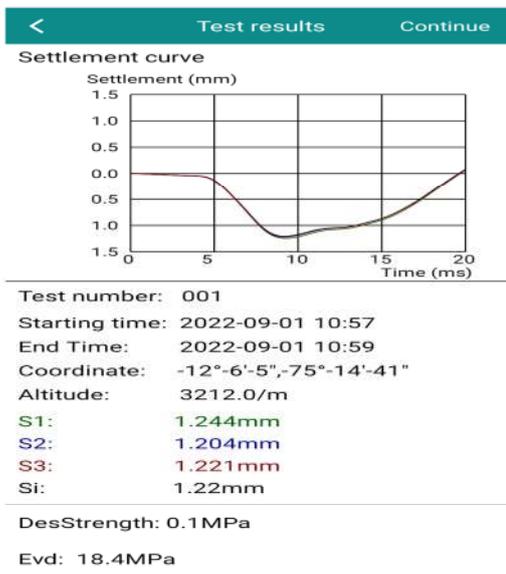
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

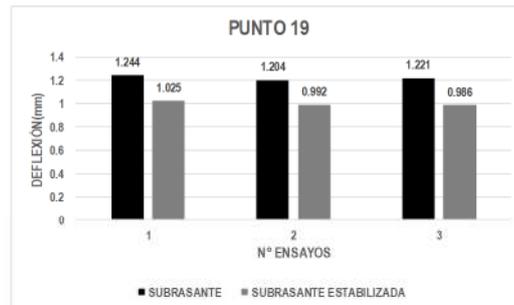
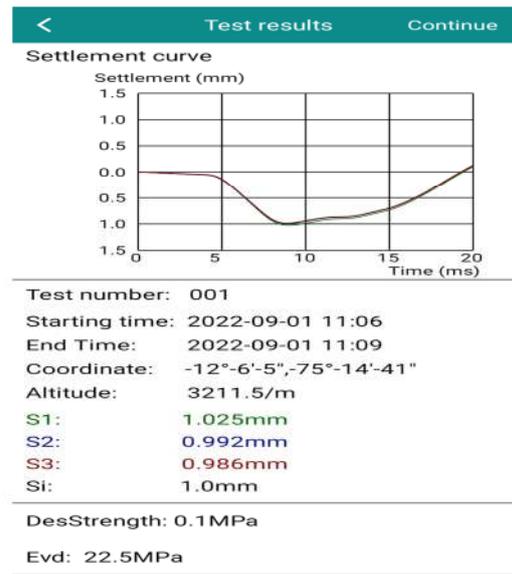
ZONA: 2

N° PUNTO: 19

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Alfonso Rojas Poma
 Julio Alfonso Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

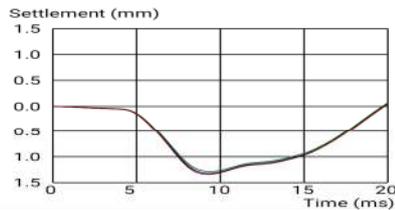
ZONA: 2

N° PUNTO: 20

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

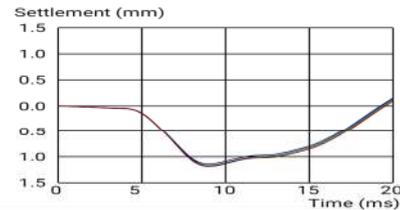
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

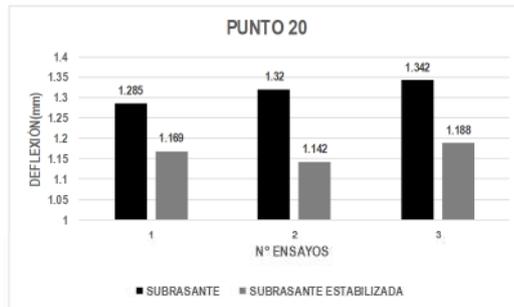
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



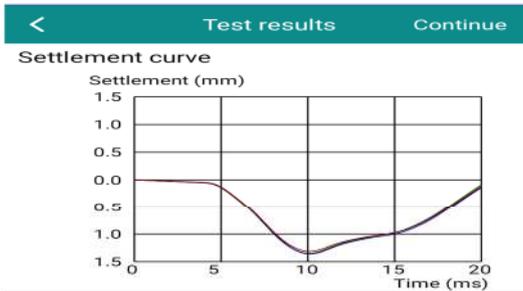
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 21

SUBRASANTE

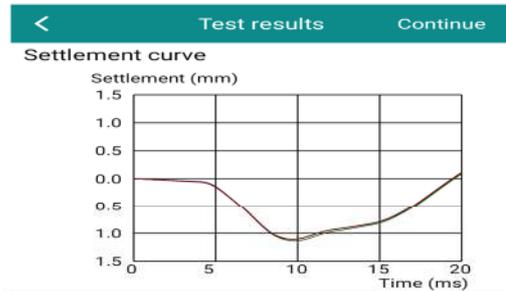


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.8MPa

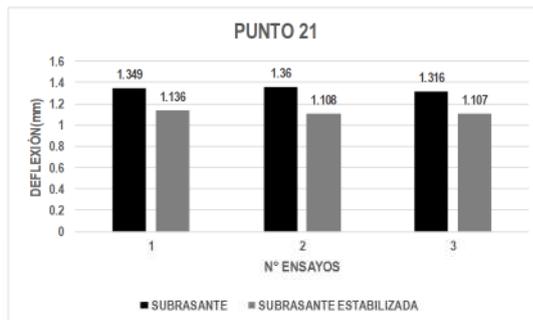
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

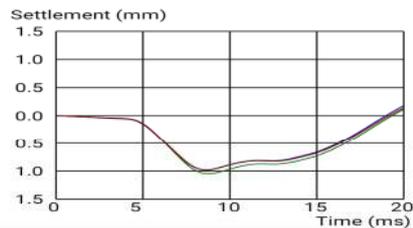
ZONA: 3

N° PUNTO: 22

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
Starting time: 2022-09-01 10:24
End Time: 2022-09-01 10:26
Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
Altitude: 3214.6/m
S1: 1.048mm
S2: 0.978mm
S3: 0.984mm
Si: 1.0mm

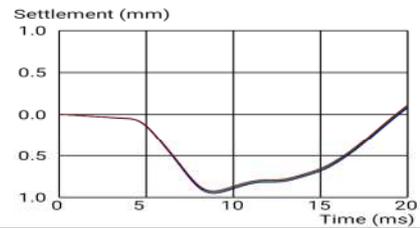
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

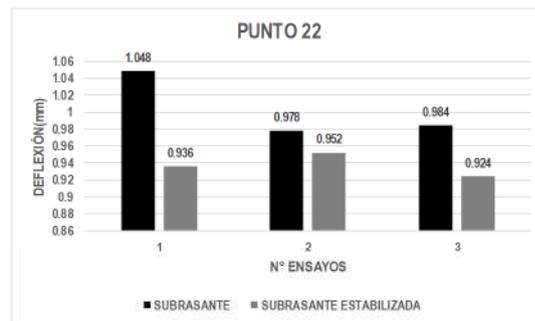
Settlement curve



Test number: 001
Starting time: 2022-09-01 10:21
End Time: 2022-09-01 10:24
Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
Altitude: 3214.6/m
S1: 0.936mm
S2: 0.952mm
S3: 0.924mm
Si: 0.94mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

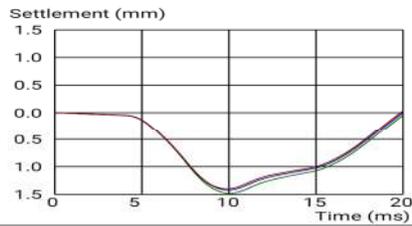
ZONA: 3

N° PUNTO: 23

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

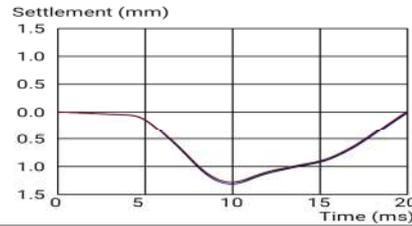
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

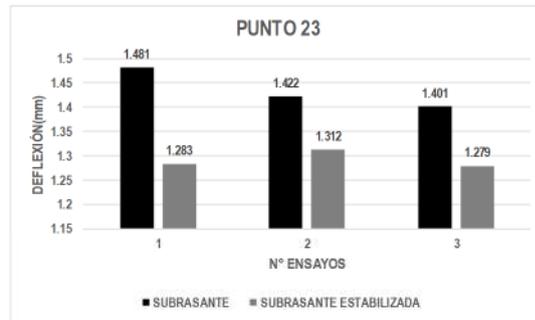
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

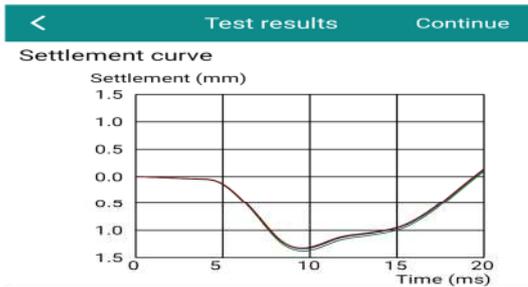
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3

N° PUNTO: 24

SUBRASANTE

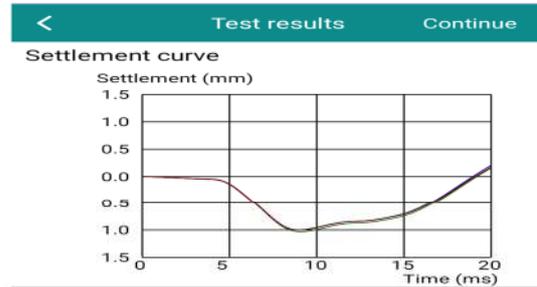


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:32
 End Time: 2022-09-01 10:33
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.377mm
 S2: 1.337mm
 S3: 1.324mm
 Si: 1.35mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.7MPa

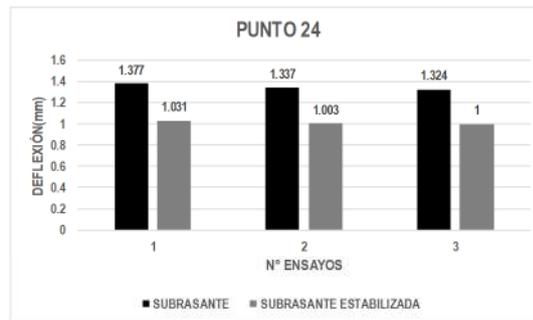
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:30
 End Time: 2022-09-01 10:31
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.031mm
 S2: 1.003mm
 S3: 1.000mm
 Si: 1.01mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.3MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julo Adrian Rojas Poma
 Julo Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

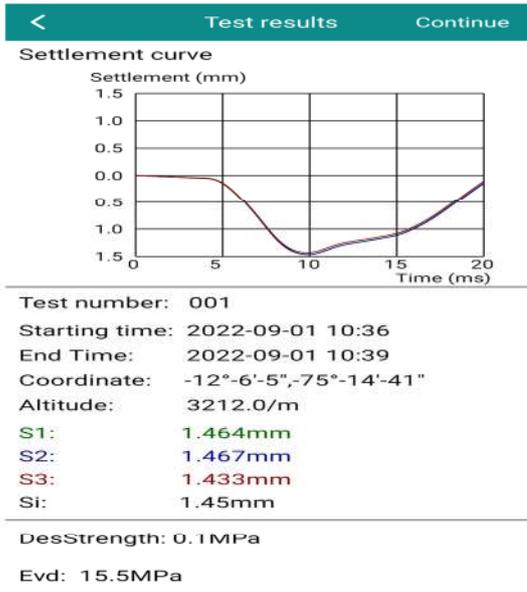
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

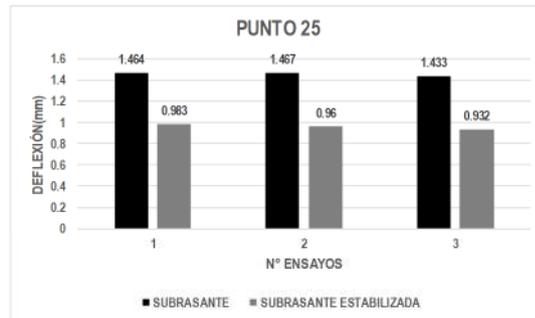
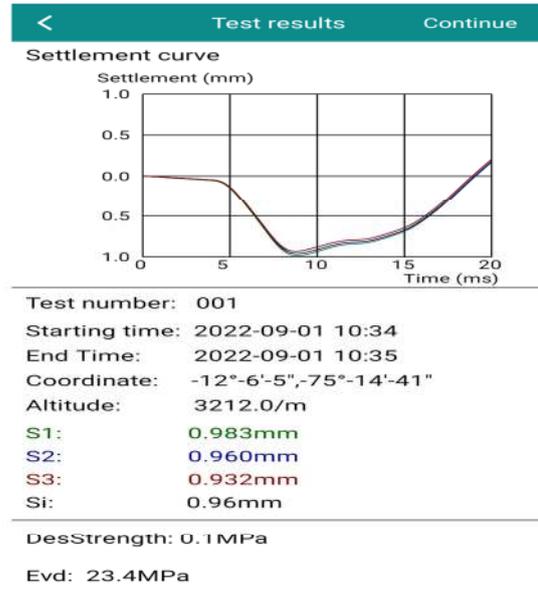
ZONA: 3

N° PUNTO: 25

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

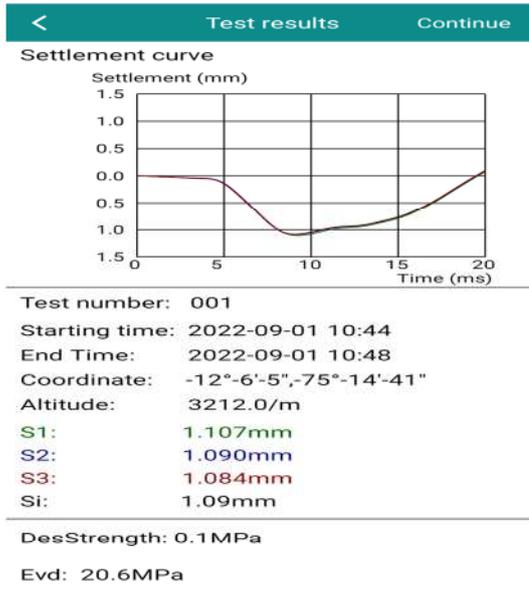
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

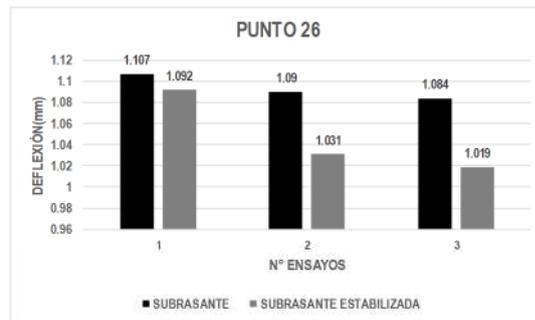
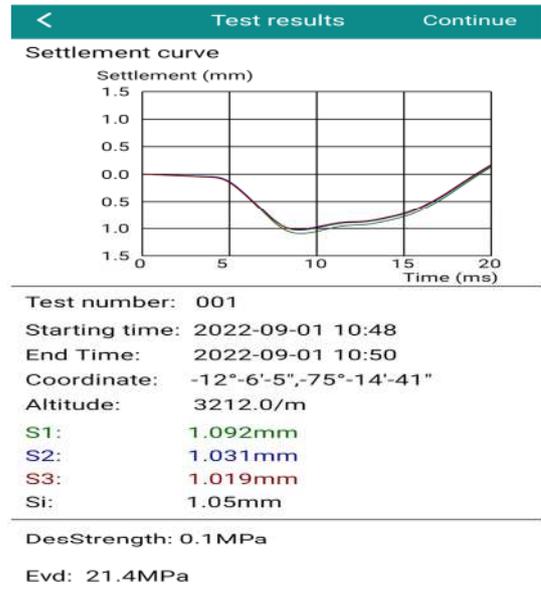
ZONA: 3

N° PUNTO: 26

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX ELRL

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX ELRL



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

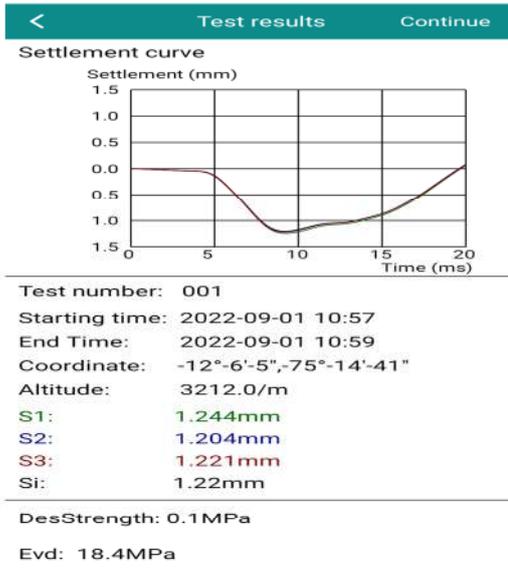
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELIDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

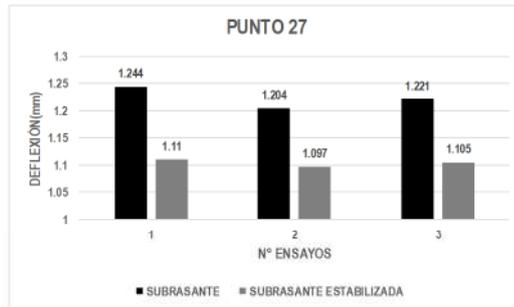
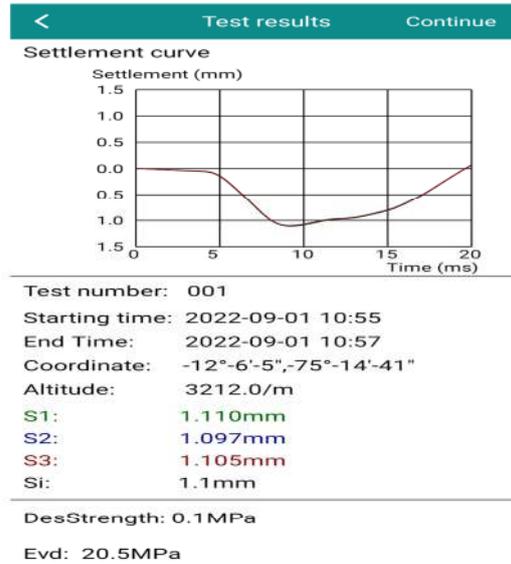
ZONA: 3

Nº PUNTO: 27

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

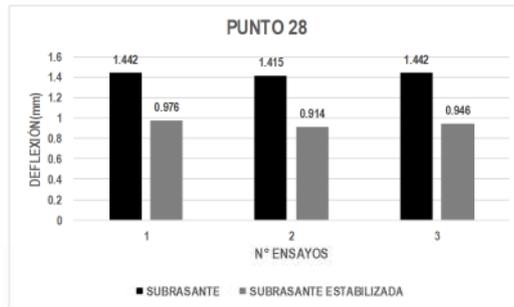
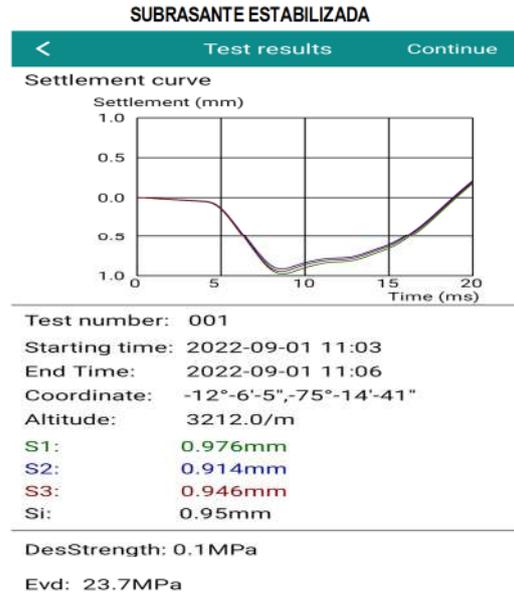
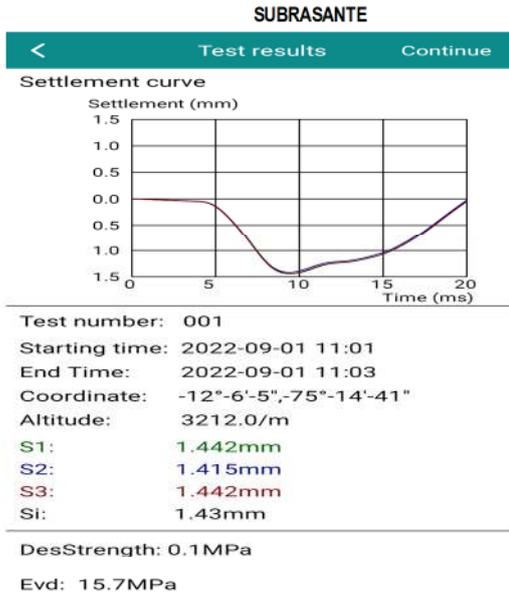


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 28



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

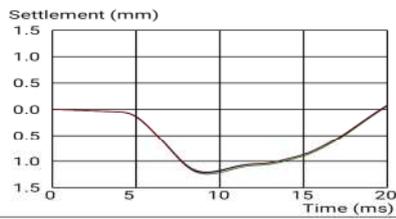
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 29

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:57
 End Time: 2022-09-01 10:59
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.244mm
 S2: 1.204mm
 S3: 1.221mm
 Si: 1.22mm

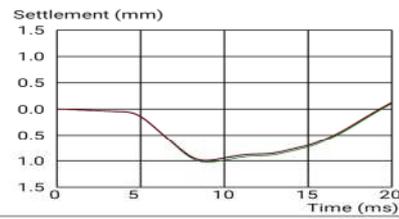
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 18.4MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

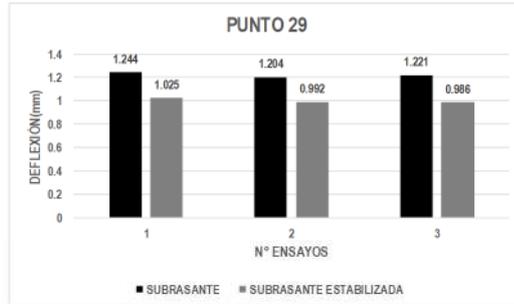
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:06
 End Time: 2022-09-01 11:09
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.5/m
 S1: 1.025mm
 S2: 0.992mm
 S3: 0.986mm
 Si: 1.0mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

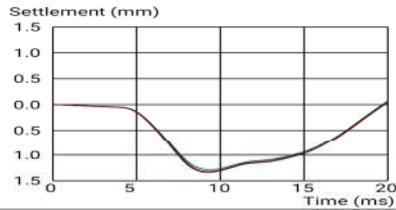
ZONA: 3

N° PUNTO: 30

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

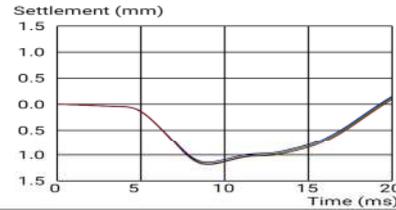
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

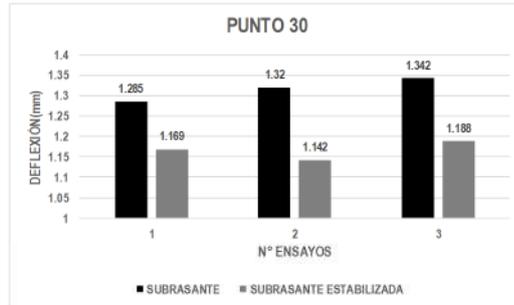
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio A. Juan Rojas Poma
 Julio A. Juan Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

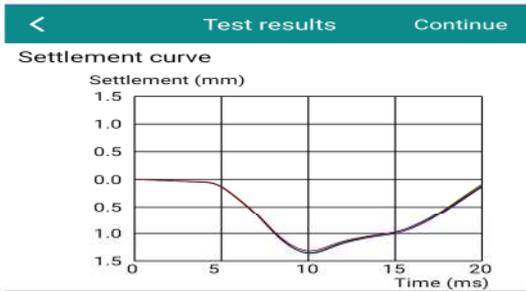
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELADAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1

N° PUNTO: 31

SUBRASANTE

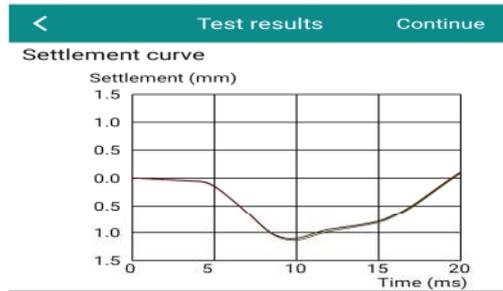


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.8MPa

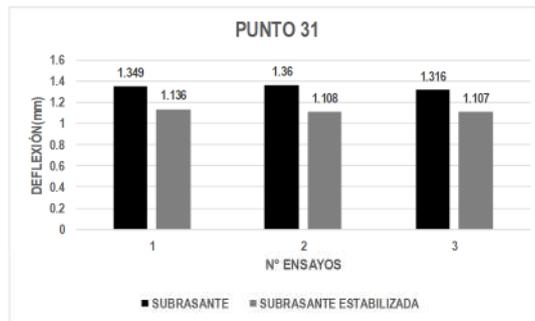
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adolfo Rojas Poma
 Julio Adolfo Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELIDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

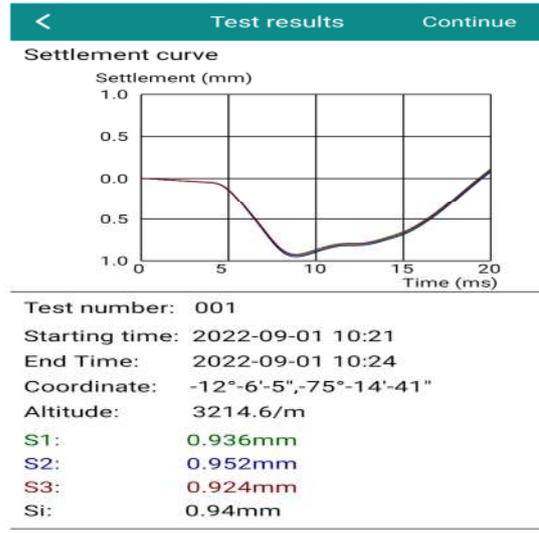
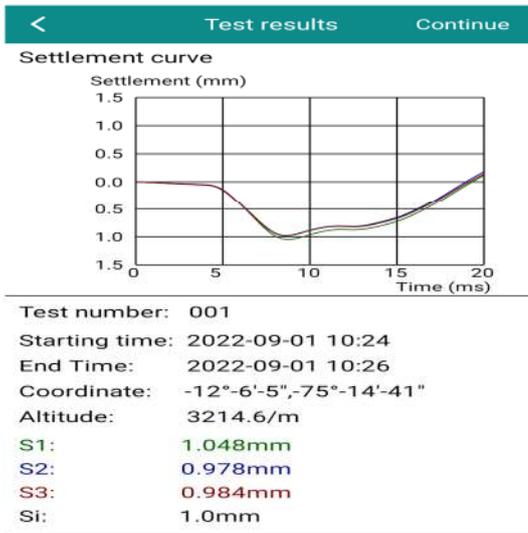
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1

N° PUNTO: 32

SUBRASANTE

SUBRASANTE ESTABILIZADA

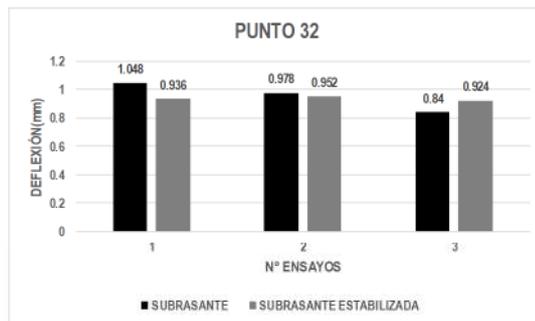


DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

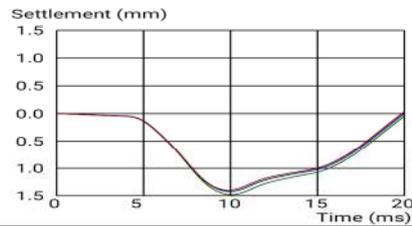
ZONA: 1

N° PUNTO: 33

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

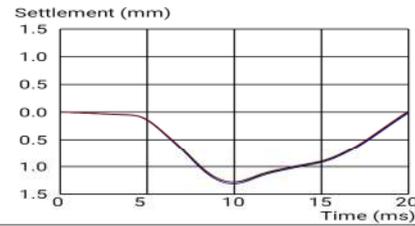
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

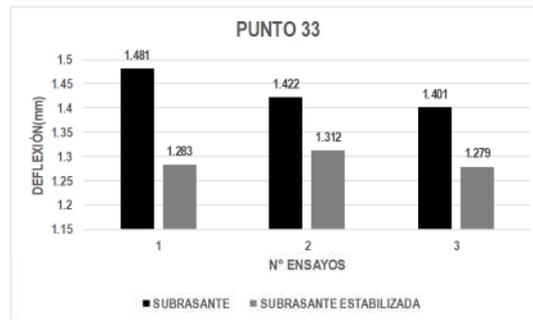
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

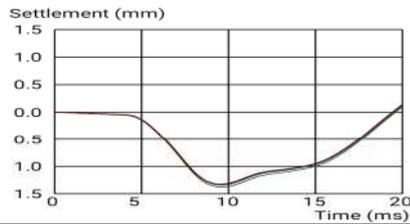
ZONA: 1

N° PUNTO: 34

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:32
 End Time: 2022-09-01 10:33
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.377mm
 S2: 1.337mm
 S3: 1.324mm
 Si: 1.35mm

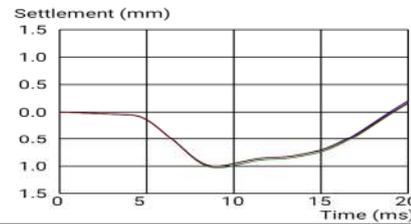
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

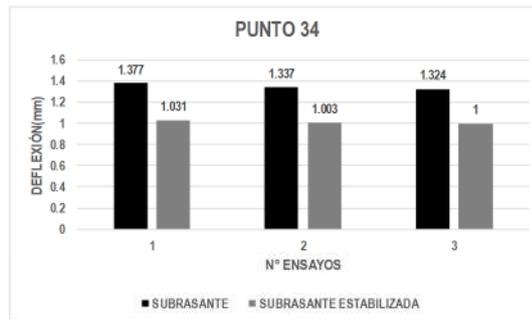
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:30
 End Time: 2022-09-01 10:31
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.031mm
 S2: 1.003mm
 S3: 1.000mm
 Si: 1.01mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.3MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

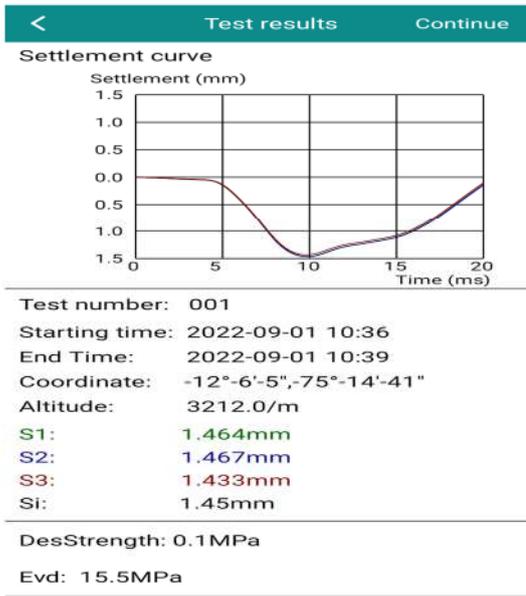
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

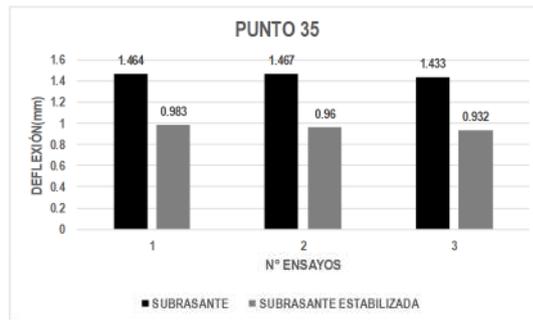
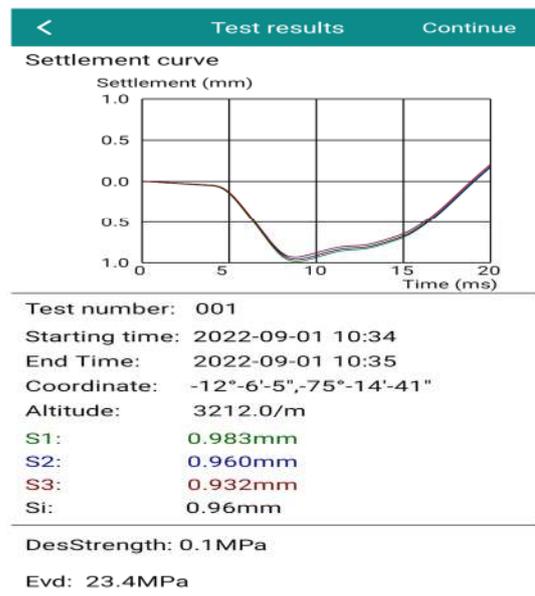
ZONA: 1

N° PUNTO: 35

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



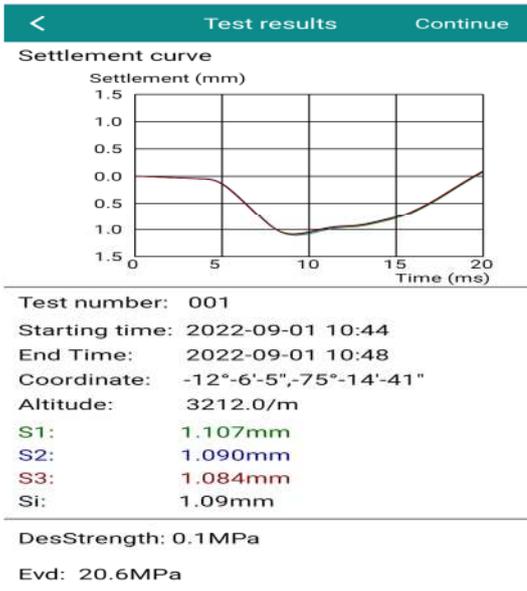
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

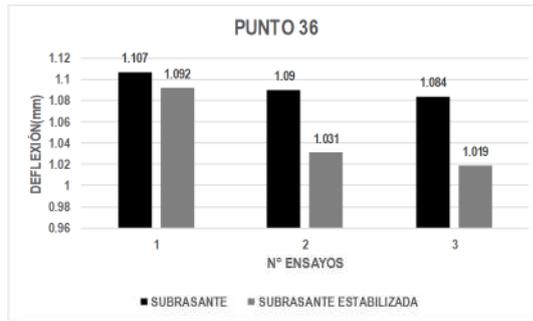
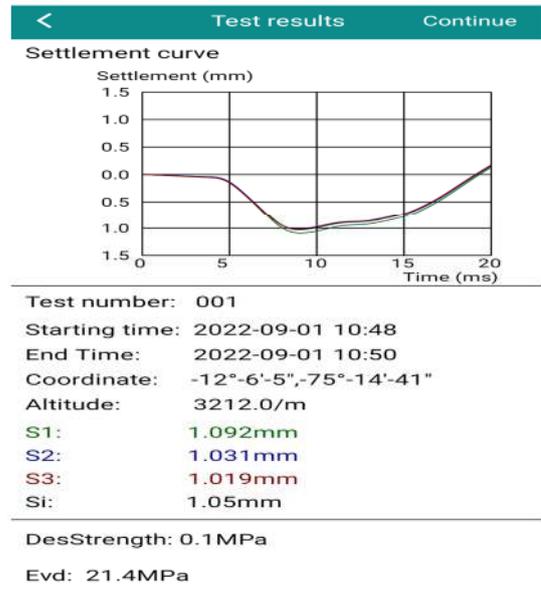
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 36

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adolfo Rojas Poma
 Julio Adolfo Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

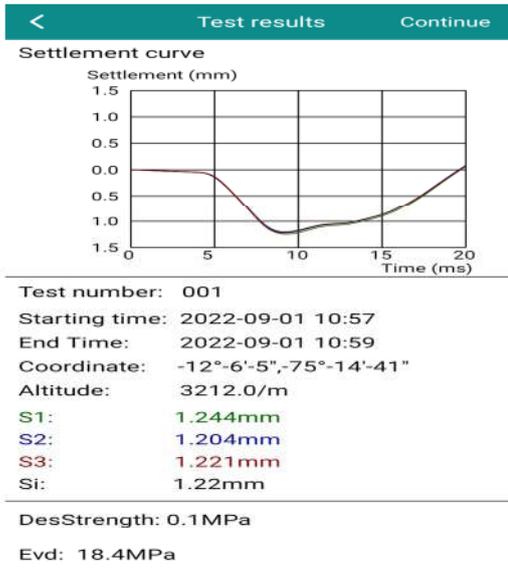
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

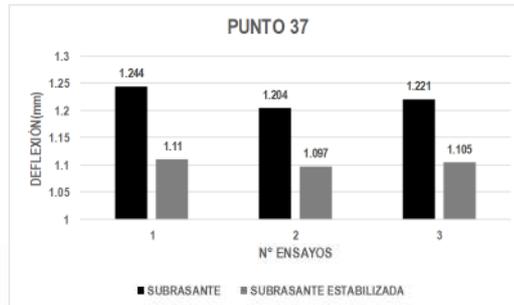
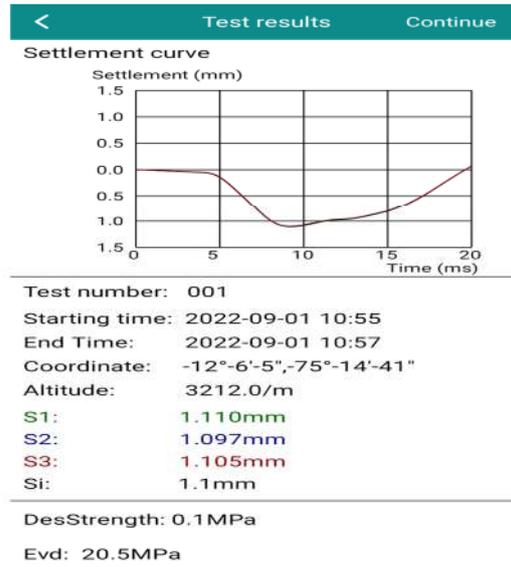
ZONA: 1

N° PUNTO: 37

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 1 N° PUNTO: 38

SUBRASANTE

Test results Continue

Settlement curve

Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:01
 End Time: 2022-09-01 11:03
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.442mm
 S2: 1.415mm
 S3: 1.442mm
 Si: 1.43mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 15.7MPa

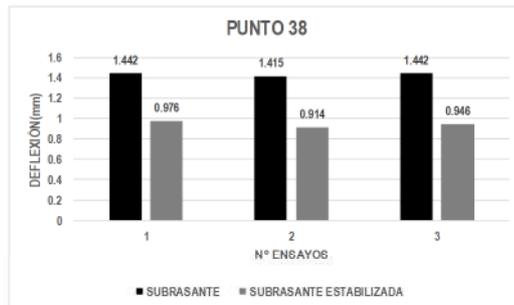
SUBRASANTE ESTABILIZADA

Test results Continue

Settlement curve

Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:03
 End Time: 2022-09-01 11:06
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 0.976mm
 S2: 0.914mm
 S3: 0.946mm
 Si: 0.95mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 23.7MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

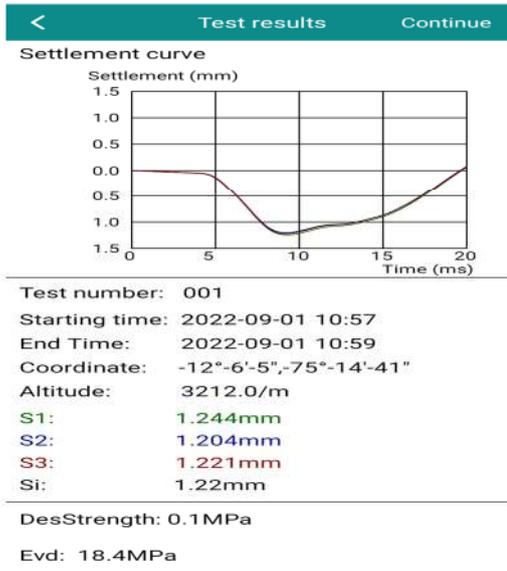
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

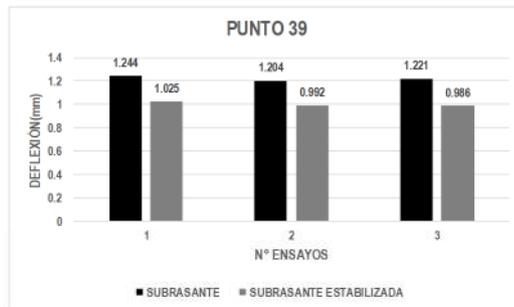
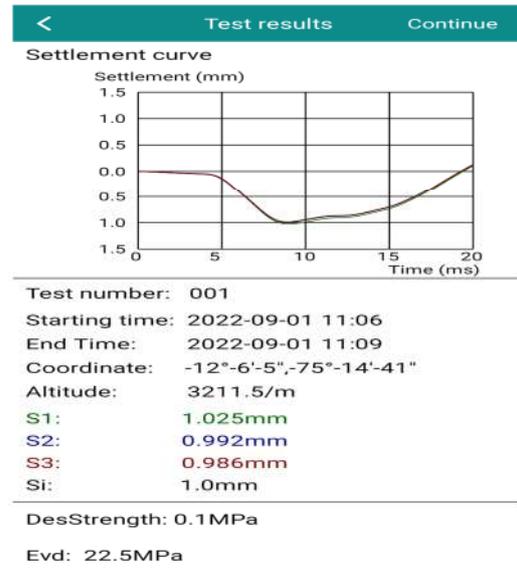
ZONA: 1

N° PUNTO: 39

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

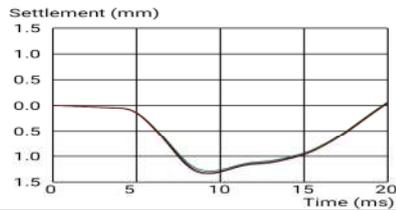
ZONA: 1

N° PUNTO: 40

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

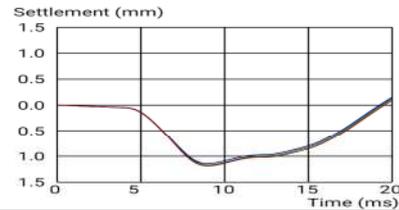
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

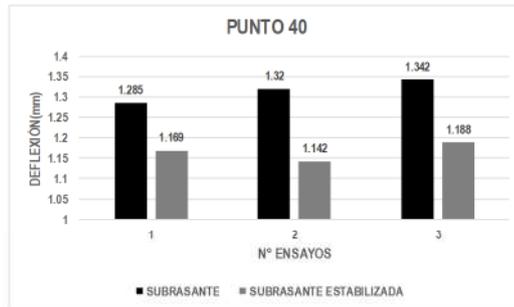
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Achán Rojas Poma
 Julio Achán Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



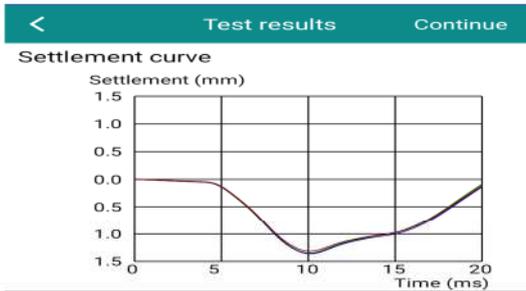
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 2 N° PUNTO: 41

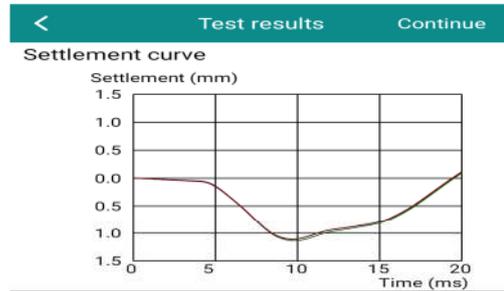
SUBRASANTE



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

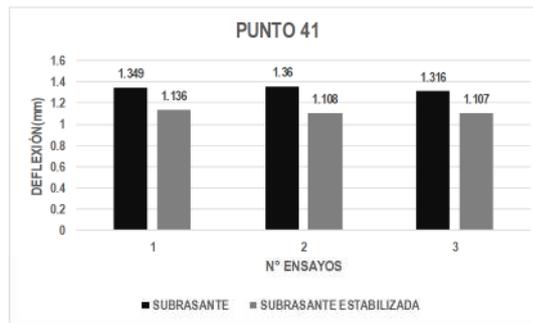
DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 16.8MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

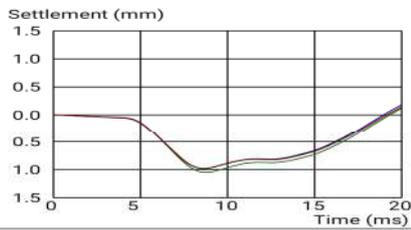
ZONA: 3

N° PUNTO: 42

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:24
 End Time: 2022-09-01 10:26
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.048mm
 S2: 0.978mm
 S3: 0.984mm
 Si: 1.0mm

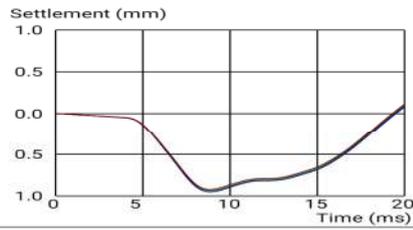
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

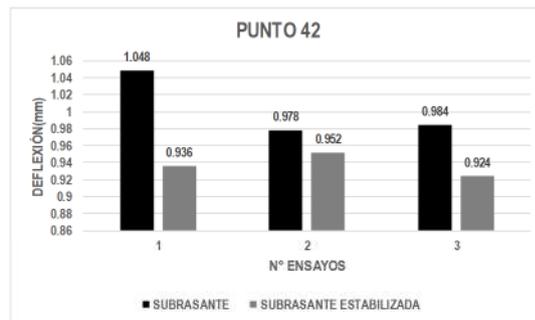
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:21
 End Time: 2022-09-01 10:24
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 0.936mm
 S2: 0.952mm
 S3: 0.924mm
 Si: 0.94mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

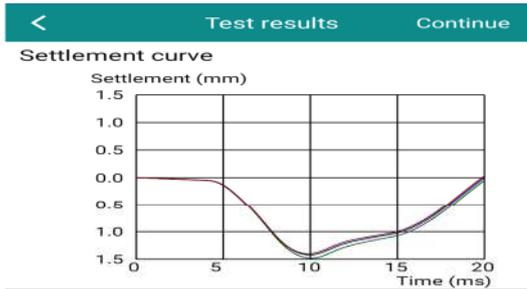
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDA ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 2

N° PUNTO: 43

SUBRASANTE

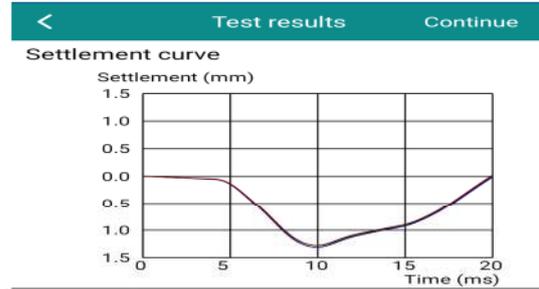


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.7MPa

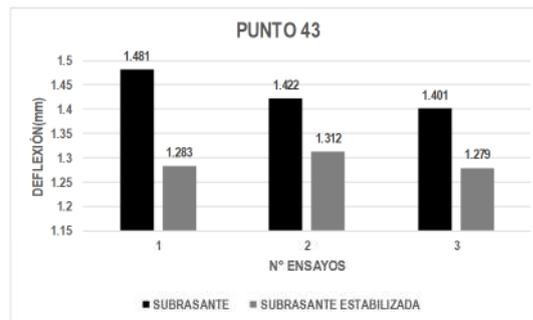
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDFIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDFIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

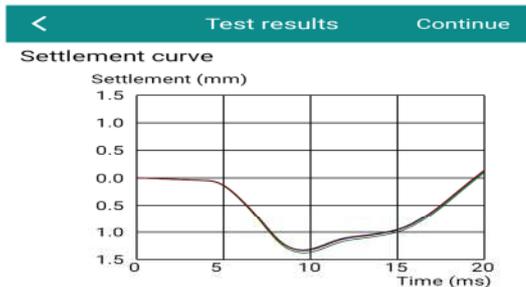
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 2

N° PUNTO: 44

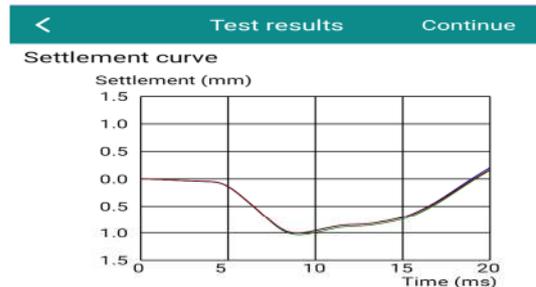
SUBRASANTE



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:32
 End Time: 2022-09-01 10:33
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.377mm
 S2: 1.337mm
 S3: 1.324mm
 Si: 1.35mm

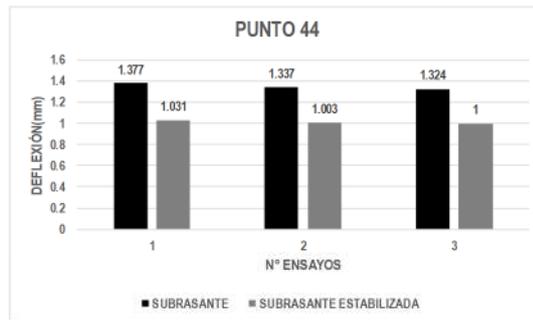
DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 16.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:30
 End Time: 2022-09-01 10:31
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.031mm
 S2: 1.003mm
 S3: 1.000mm
 Si: 1.01mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 22.3MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

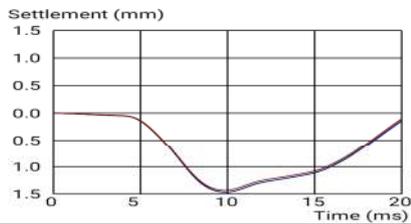
ZONA: 2

N° PUNTO: 45

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:36
 End Time: 2022-09-01 10:39
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.464mm
 S2: 1.467mm
 S3: 1.433mm
 Si: 1.45mm

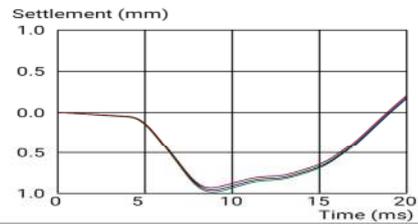
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

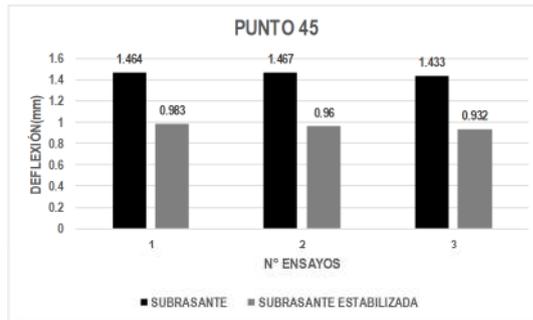
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:34
 End Time: 2022-09-01 10:35
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 0.983mm
 S2: 0.960mm
 S3: 0.932mm
 Si: 0.96mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

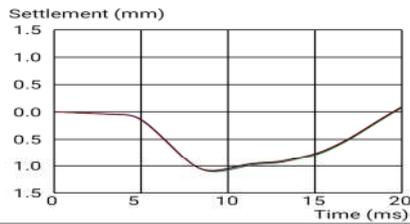
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 2 N° PUNTO: 46

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



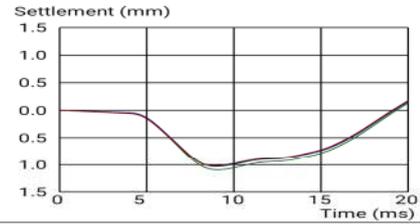
Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:44
 End Time: 2022-09-01 10:48
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.107mm
 S2: 1.090mm
 S3: 1.084mm
 Si: 1.09mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 20.6MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

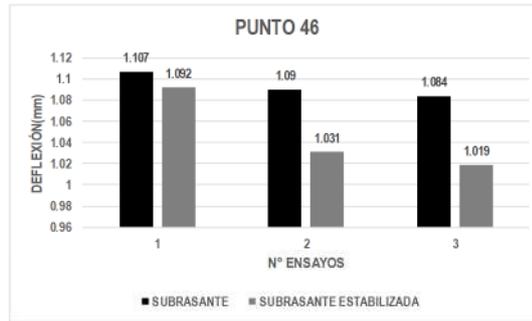
< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:48
 End Time: 2022-09-01 10:50
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.092mm
 S2: 1.031mm
 S3: 1.019mm
 Si: 1.05mm

DesStrength: 0.1MPa
 Evd: 21.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Antonio Rojas Poma
 Julio Antonio Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

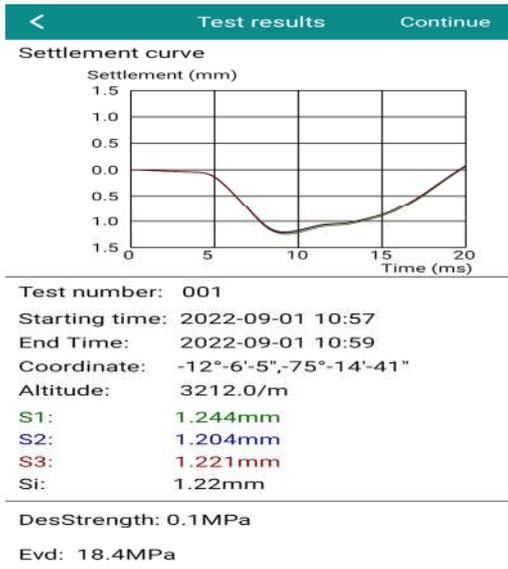
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

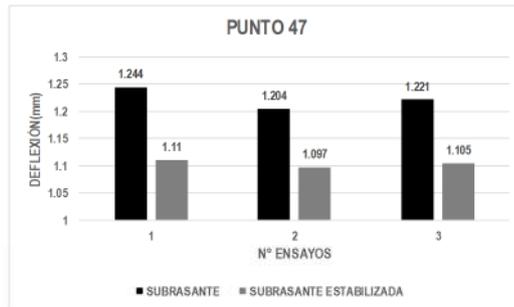
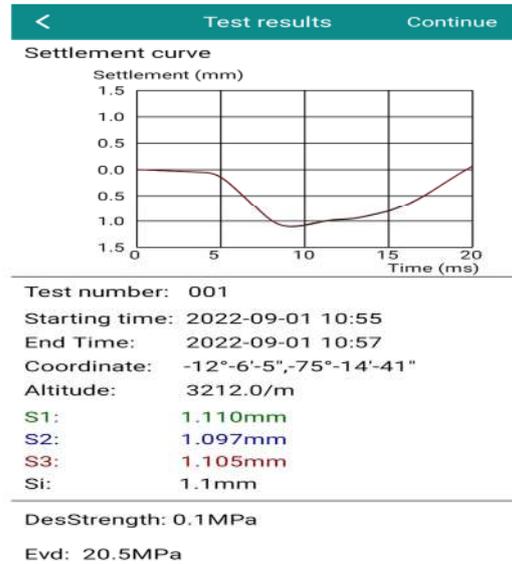
ZONA: 2

N° PUNTO: 47

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

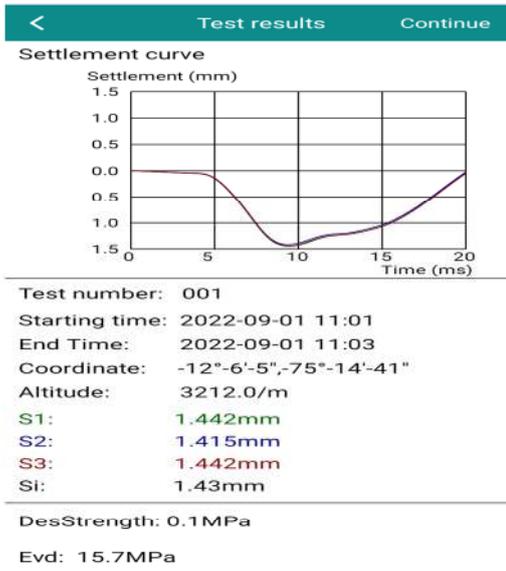
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

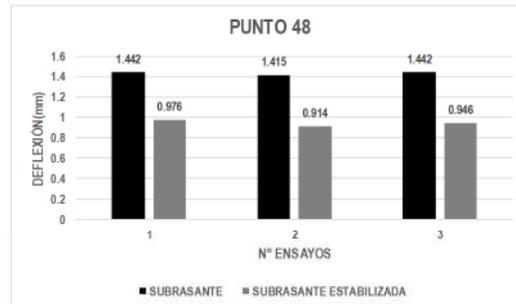
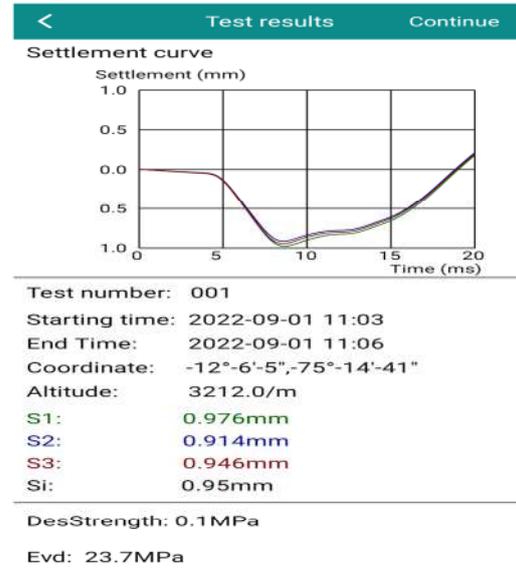
ZONA: 2

N° PUNTO: 48

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

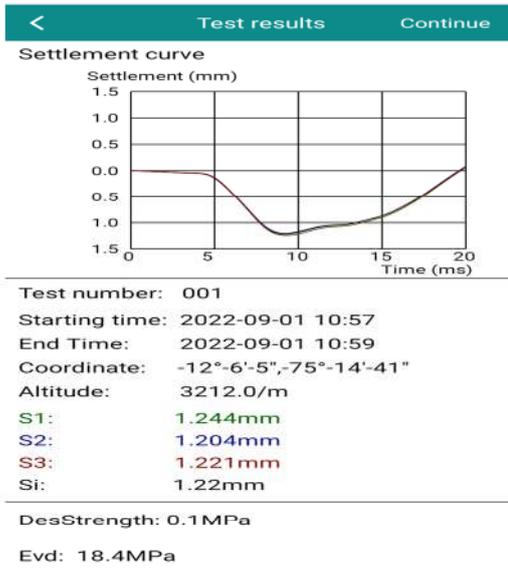
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

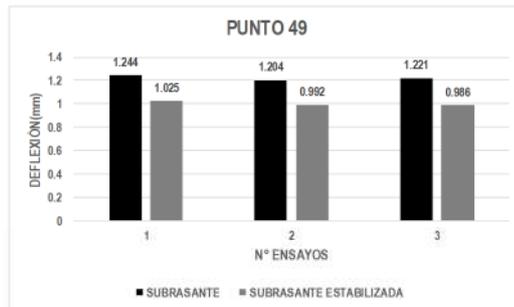
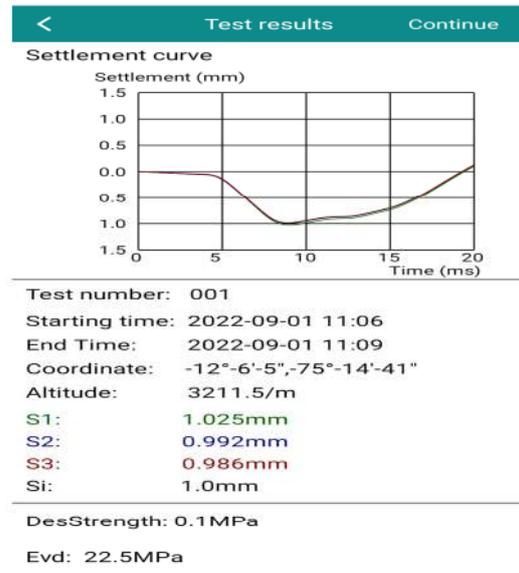
ZONA: 2

N° PUNTO: 49

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

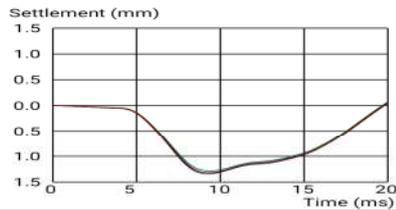
ZONA: 2

N° PUNTO: 50

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

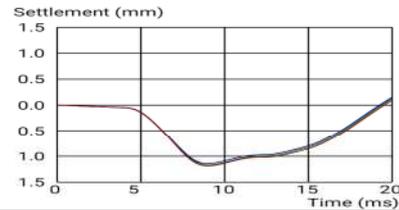
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

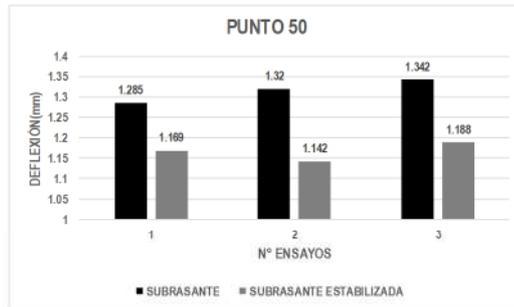
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



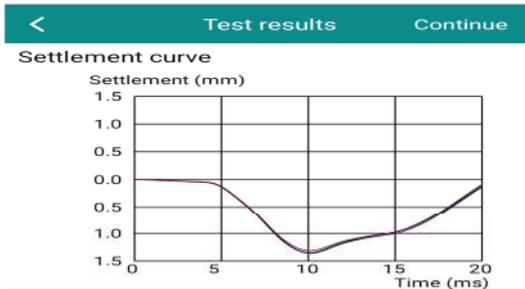
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELADAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 51

SUBRASANTE

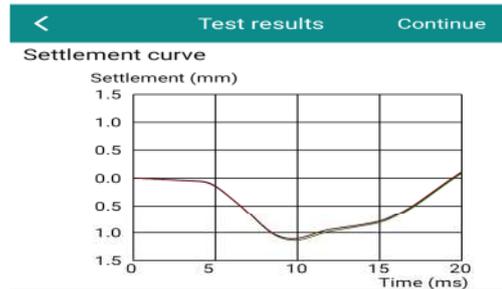


Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:17
 End Time: 2022-09-01 10:20
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.349mm
 S2: 1.360mm
 S3: 1.316mm
 Si: 1.34mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.8MPa

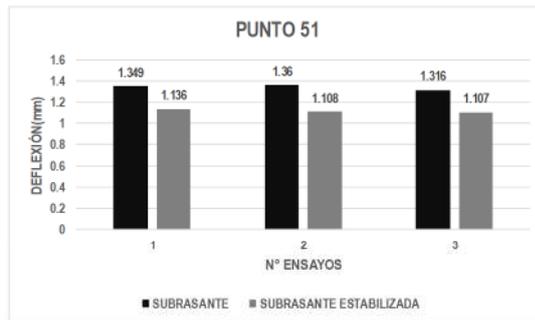
SUBRASANTE ESTABILIZADA



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:12
 End Time: 2022-09-01 10:14
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3218.6/m
 S1: 1.136mm
 S2: 1.108mm
 S3: 1.107mm
 Si: 1.12mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 20.1MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

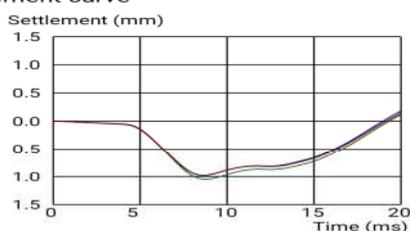
ZONA: 3

N° PUNTO: 52

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:24
 End Time: 2022-09-01 10:26
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.048mm
 S2: 0.978mm
 S3: 0.984mm
 Si: 1.0mm

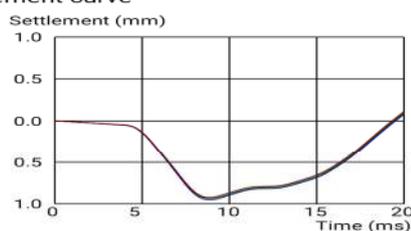
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

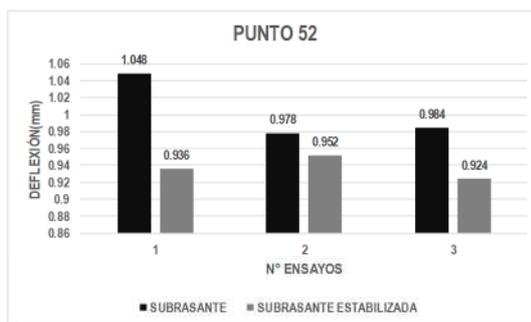
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:21
 End Time: 2022-09-01 10:24
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 0.936mm
 S2: 0.952mm
 S3: 0.924mm
 Si: 0.94mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.9MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

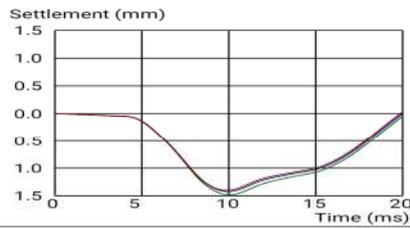
ZONA: 3

N° PUNTO: 53

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:26
 End Time: 2022-09-01 10:28
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3214.6/m
 S1: 1.481mm
 S2: 1.422mm
 S3: 1.401mm
 Si: 1.43mm

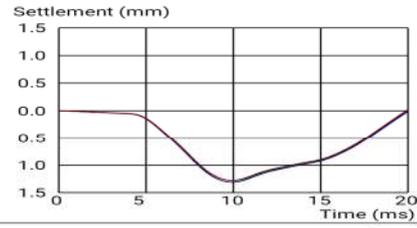
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

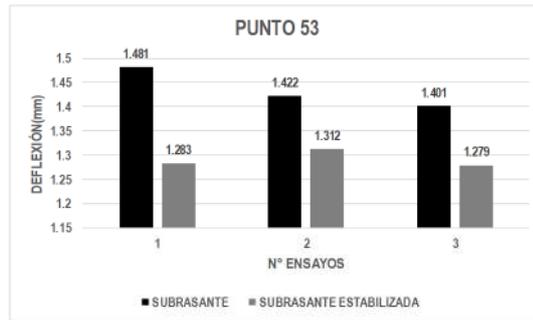
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:29
 End Time: 2022-09-01 10:30
 Coordinate: -12°-6'-5", -75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.283mm
 S2: 1.312mm
 S3: 1.279mm
 Si: 1.29mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

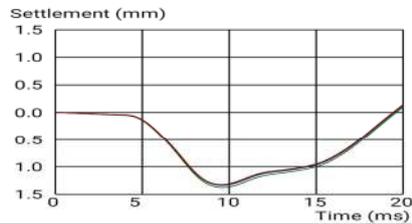
ZONA: 3

N° PUNTO: 54

SUBRASANTE

Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:32
 End Time: 2022-09-01 10:33
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.377mm
 S2: 1.337mm
 S3: 1.324mm
 Si: 1.35mm

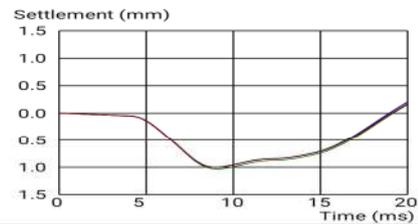
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 16.7MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

Test results Continue

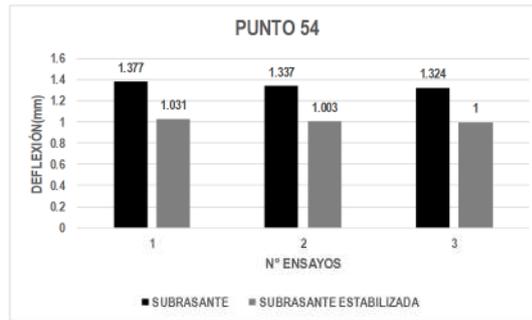
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:30
 End Time: 2022-09-01 10:31
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.031mm
 S2: 1.003mm
 S3: 1.000mm
 Si: 1.01mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 22.3MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

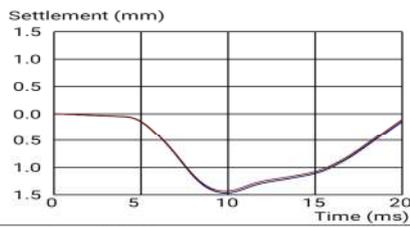
ZONA: 3

N° PUNTO: 55

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:36
 End Time: 2022-09-01 10:39
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.464mm
 S2: 1.467mm
 S3: 1.433mm
 Si: 1.45mm

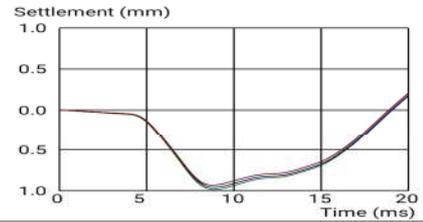
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 15.5MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

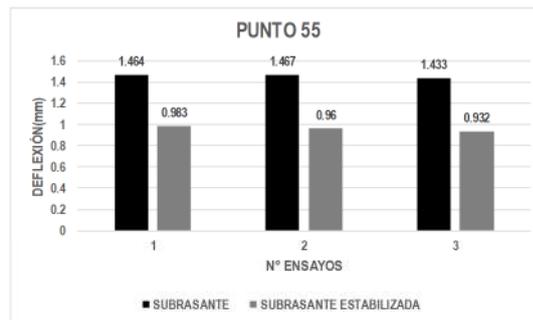
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:34
 End Time: 2022-09-01 10:35
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 0.983mm
 S2: 0.960mm
 S3: 0.932mm
 Si: 0.96mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 23.4MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



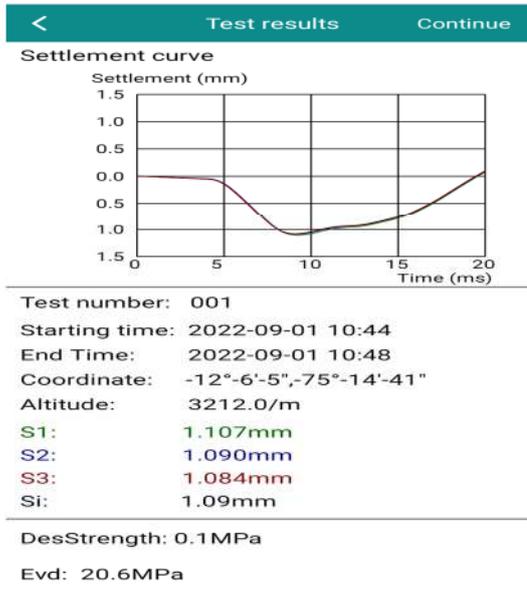
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDA ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

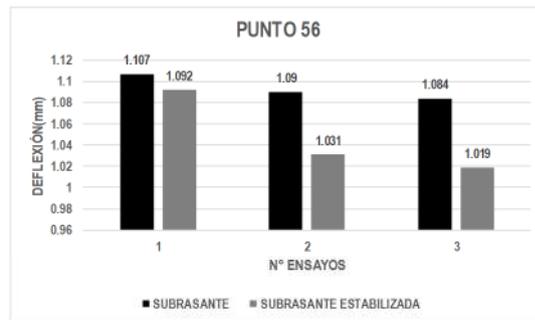
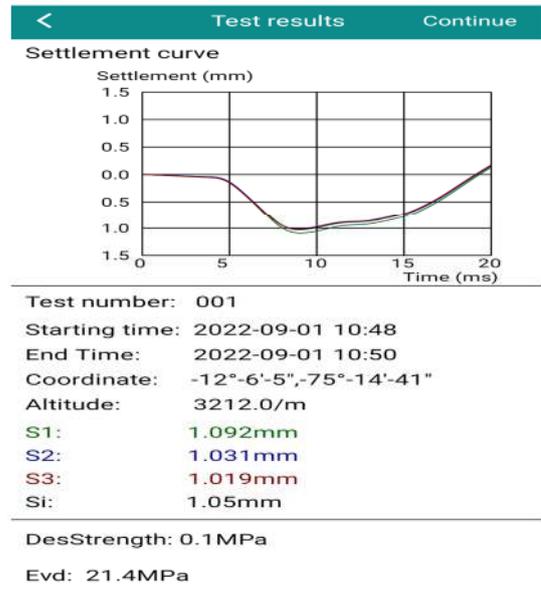
CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 56

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



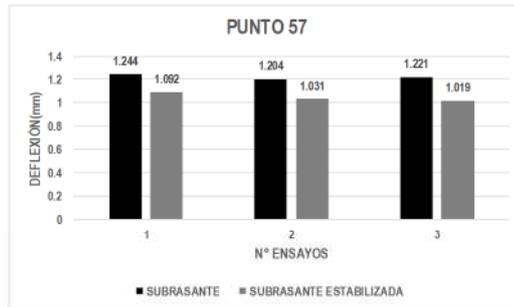
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDA ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

ZONA: 3 N° PUNTO: 57

SUBRASANTE	SUBRASANTE ESTABILIZADA
<p>Test results Continue</p> <p>Settlement curve</p> <p>Test number: 001 Starting time: 2022-09-01 10:57 End Time: 2022-09-01 10:59 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41" Altitude: 3212.0/m S1: 1.244mm S2: 1.204mm S3: 1.221mm Si: 1.22mm</p> <p>DesStrength: 0.1MPa Evd: 18.4MPa</p>	<p>Test results Continue</p> <p>Settlement curve</p> <p>Test number: 001 Starting time: 2022-09-01 10:55 End Time: 2022-09-01 10:57 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41" Altitude: 3212.0/m S1: 1.110mm S2: 1.097mm S3: 1.105mm Si: 1.1mm</p> <p>DesStrength: 0.1MPa Evd: 20.5MPa</p>



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adán Rojas Poma
 Julio Adán Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

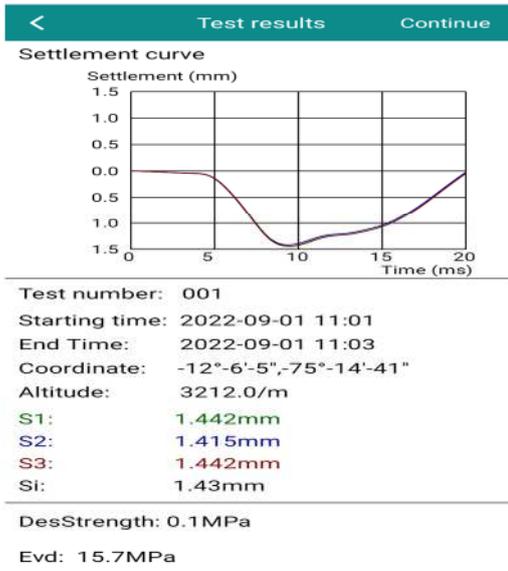
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

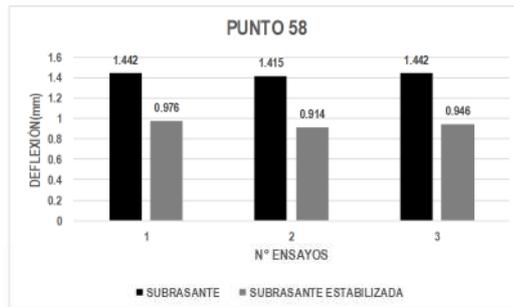
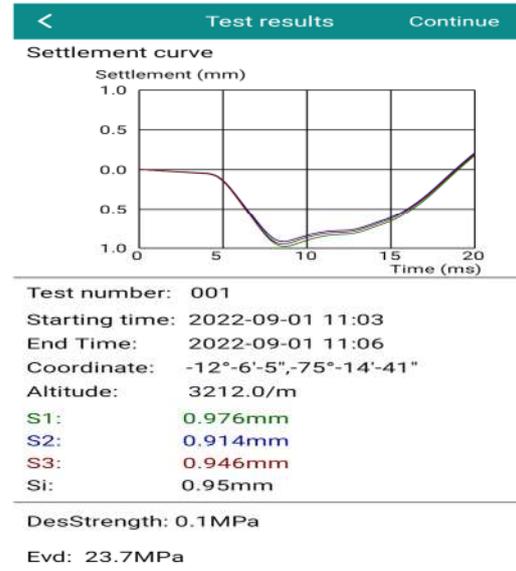
ZONA: 3

N° PUNTO: 58

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

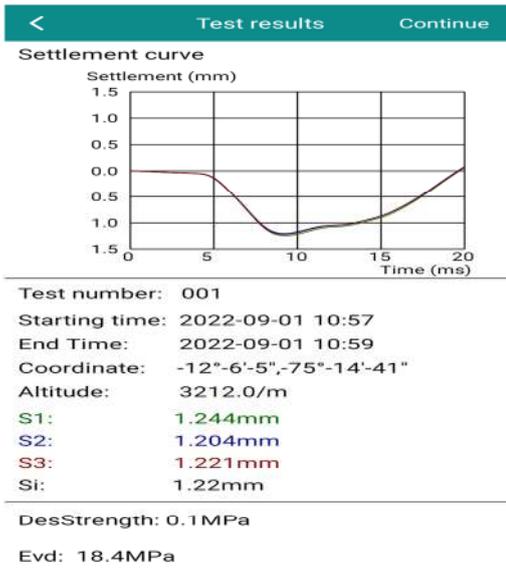
PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

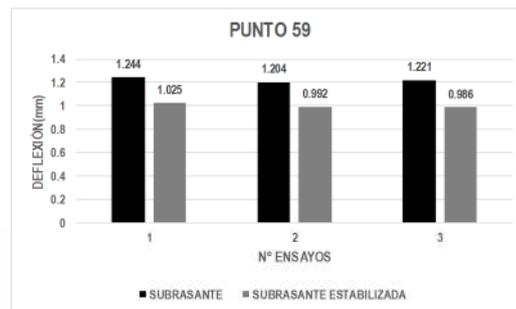
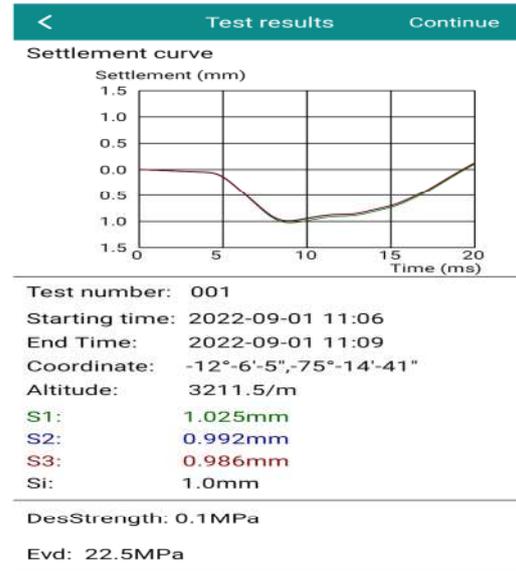
ZONA: 3

Nº PUNTO: 59

SUBRASANTE



SUBRASANTE ESTABILIZADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDPIX E.I.R.L.

Julio A. Rojas Poma
 Julio A. Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: ESTABILIZACION ARTEZANAL DE SUELOS BLANDOS APLICANDO GEOCELDAS ELABORADOS CON BOTELLAS DE PET - HUANCAYO 2022

CLIENTE: JHON CARLOS CRISTOBAL RIVERA

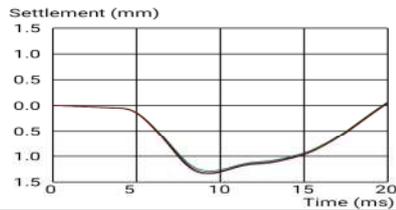
ZONA: 3

N° PUNTO: 60

SUBRASANTE

< Test results Continue

Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 10:59
 End Time: 2022-09-01 11:01
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3212.0/m
 S1: 1.285mm
 S2: 1.320mm
 S3: 1.342mm
 Si: 1.32mm

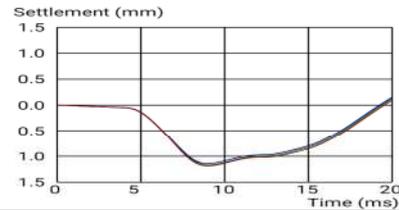
DesStrength: 0.1MPa

Evd: 17.0MPa

SUBRASANTE ESTABILIZADA

< Test results Continue

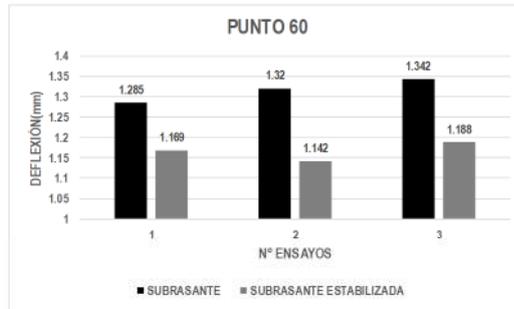
Settlement curve



Test number: 001
 Starting time: 2022-09-01 11:09
 End Time: 2022-09-01 11:11
 Coordinate: -12°-6'-5",-75°-14'-41"
 Altitude: 3211.1/m
 S1: 1.169mm
 S2: 1.142mm
 S3: 1.188mm
 Si: 1.17mm

DesStrength: 0.1MPa

Evd: 19.2MPa



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.L.R.L.

Panel fotográfico

Anexo 1 Recolección de botellas de 3lt para reciclar y formar las geoceldas para mejoramiento de suelo blando.



Anexo 2 Selección por dimensiones del diámetro de las botellas recolectadas para armar las geoceldas



Anexo 3 Corte y perfilado de las botellas PET seleccionadas



Anexo 4 Medición del diámetro de la botella PET recolectadas para armar las geoceldas



Anexo 5 Medición de la altura de las botellas PET recolectadas para armar las geoceldas.



Anexo 6 Selección por altura y diámetro de las botellas PETS recicladas



Anexo 7 Armado de geoceldas de botellas PET diámetro de 10cm y altura 15cm



Anexo 8 Armado de geoceldas de botellas PET diámetro de 7.5cm y altura 10cm



Anexo 9 Armado de geoceldas de botellas PET diámetro de 5cm y altura 5cm



Anexo 10 Retroexcavadora Caterpillar para relleno de material en geoceldas



Anexo 11 Con la maquinaria se procede a retirar la maleza para así llegar al terreno competente



Anexo 12 Perfilado del terreno natural para su compactación y colocación de la subrasante.



Anexo 13 Descarga del material para la subrasante



Anexo 14 Llegada del transporte donde se traslada el bobcat que se usará para la conformación de la capa



Anexo 15 Descargue del bobcat



Anexo 16 Extendido del material granular para la subrasante con el bobcat.



Anexo 17 Regado de la subrasante para su conformación



Anexo 18 Compactado con rodillo de la subrasante dentro del área determinada para los ensayos con el deflectómetro de impacto liviano



Anexo 19 Compactado de forma de perfil del área de ensayo



Anexo 20 Marcado de los tramos dentro de la plataforma de la subrasante para realizar el ensayo



Anexo 21 Marcado de las zonas para ensayo del deflectómetro de impacto liviano en la subrasante



Anexo 22 Marcado de los puntos para ensayo del deflectómetro de impacto liviano en la subrasante



Anexo 23 Retiro e instalación de deflectómetro de impacto liviano



Anexo 24 Calibración de deflectómetro de impacto liviano



Anexo 25 Ensayo ASTM D 4694-96 “Método de prueba estándar para Deflexiones con un dispositivo de carga de impulso de tipo caída”



Anexo 26 Toma de resultados de la deflexión de la subrasante



Anexo 27 Regado de la subrasante estabilizado con botellas PETS



Anexo 28 Compactado con rodillo de la subrasante estabilizado con botellas PETS



Anexo 29 Marcado de la subrasante estabilizado



Anexo 30 Marcado de los puntos



Anexo 31 Deflexión de los puntos de la subrasante estabilizada

