



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Determinación del efecto del estabilizante Consolid, para mejorar la capacidad portante del suelo limo-arenoso, para cimentaciones superficiales, San Sebastián, Cusco 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Chacon Jove, Ivan Alexis (ORCID: 0000-0002-5840-0280)

ASESOR:

Mg. Villegas Martinez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A DIOS por permitirme llegar hasta aquí, a pesar de todo lo que pasa en el mundo, por darme la fuerza necesaria para lograr realizar satisfactoriamente esta investigación en beneficio de la sociedad.

A MI MADRE Mery Jove Mora, por brindarme su apoyo en todo momento, darme fuerzas para seguir adelante y enseñarme que con esfuerzo, perseverancia y humildad podre lograr todas las metas que me proponga.

A MI PADRE Paulino Chacon Pagan, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, darme ánimos para poder realizar mis metas y por presionarme para ser una persona de bien.

A MI HERMANO MENOR Rodrigo Chacon Jove, por ser mi inspiración y mi fuerza para poder lograr esto, y recordarte que siempre estaré para ti para cuidarte, apoyarte y guiarte en todo lo que te propongas.

A MI HERMANO MAYOR Paulo Cesar Chacon Ccorimanya, porque fuiste una inspiración al ser una persona que perseguía sus sueños y que cuidaba a su familia a pesar de todo, sé que ya no estas con nosotros, pero siempre te recordare mi querido hermano mayor gracias por todo, y esta va para ti.

A MIS AMIGOS por apoyarme cuando los necesitaba, y darme ánimos para poder culminar este trabajo de investigación de forma satisfactoria.

IVAN ALEXIS CHACON JOVE

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la oportunidad de cumplir con este gran sueño.

A MI MADRE

Por ser la persona más increíble del mundo al darme consejos para poder seguir adelante a pesar de los obstáculos y poder cumplir mis metas.

A MI PADRE

Por estar a mi lado a pesar todo apoyándome y alentándome para poder cumplir lo que me proponga me de fuerzas para nunca rendirme.

A MI HERMANITO

Por siempre ser mi motivo para ser una mejor persona cada día y poder ser un ejemplo para ti, para que puedas ser una persona de bien.

A LA UNIVERSIDAD

Por permitirme cumplir este gran sueño, para así poder ser una persona que apoye a la comunidad y ayudar a mejorarlo para bien.

A MI ASESOR

Por demostrar la dedicación necesaria para poder culminar este trabajo de investigación de gran importancia y poder guiarme en todo el proceso.

IVAN ALEXIS CHACON JOVE

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	vii
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. Problema General.....	1
1.2.2. Problemas Específicos	1
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1. Delimitación Espacial.....	3
1.4.2. Delimitación Temporal	3
1.4.3. Delimitación Conceptual.....	3
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.5.1. Hipótesis General	3
1.5.2. Hipótesis Específicos.....	4
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6.1. Objetivo General.....	4
1.6.2. Objetivos Específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS	14
2.2.1. SUELOS	14
2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	15
2.2.3. CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS	16
2.2.4. SISTEMA CONSOLID	18
3. METODOLOGÍA	21

3.1.	TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	21
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	21
3.1.3.	Diseño de Investigación.....	22
3.1.4.	Enfoque de la Investigación.....	22
3.2.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	23
3.2.1.	Variable Independiente.....	23
3.2.2.	Variable Dependiente	23
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	23
3.3.1.	Población.....	23
3.3.2.	Muestra.....	23
3.3.3.	Muestreo.....	24
3.3.4.	Unidad de Análisis	24
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	24
3.4.1.	Técnicas de recolección de información.....	24
3.4.2.	Instrumentos.....	25
3.5.	PROCEDIMIENTOS.....	25
3.5.1.	Descripción de Procesos.....	25
3.6.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	29
3.7.	ASPECTOS ÉTICOS	30
4.	RESULTADOS	30
4.1.	LAMINA DE DATOS	30
4.1.1.	Estadística Descriptiva del Peso.....	34
4.1.2.	Estadística Descriptiva de la Compresión Simple.....	36
4.1.3.	Estadística Descriptiva de la Densidad.....	37
4.1.4.	Análisis de Regresión	41
5.	DISCUSIÓN.....	54
6.	CONCLUSIONES.....	55
7.	RECOMENDACIONES.....	56
	REFERENCIAS.....	57
	ANEXOS	59

RESUMEN

En esta investigación se propuso elaborar probetas de tierra comprimida, estabilizadas con un aditivo eco amigable llamado sistema CONSOLID que consta de un componente líquido llamado C444 y de un componente sólido llamado SOLIDRY. El primer componente (líquido), le otorga al suelo la propiedad de aglomerar sus partículas, lo cual mejora su capacidad de compresión y su resistencia a la compresión. El segundo componente (sólido), le otorga al suelo propiedades de impermeabilidad ya que petrifica las partículas, lo que disminuye los efectos de absorción.

Para poder realizar esta investigación, se escogió el suelo de la APV Praderas del Inca (distrito de San Sebastián) de la ciudad del Cusco. Se estudiaron las propiedades físico - mecánicas del suelo mediante la elaboración de probetas de tierra estabilizadas con cuatro diferentes dosificaciones del componente líquido C444 (0.1%, 0.2%, 0.5% y 0.8%) así como cuatro distintas dosificaciones de SOLIDRY (0.5%, 2.0%, 4.0% y 10.0%) acompañado de cuatro diferentes # de golpes de ENERGIA (4, 8, 12 y 16) y luego pasar a realizar el ensayo de resistencia a la compresión simple para poder obtener la cohesión de los suelos.

Como resultado obtuvimos que una de las probetas de tierra elaborados con una dosis de SOLIDRY de 10% el peso del suelo y una dosis de C444 de 0.8% en peso seco del suelo combinados con 16 golpes de energía de compactación se alcanzó una resistencia a la compresión de hasta 13kg/cm² y que por consiguiente nos dio una capacidad portante de q_{ult} 4758 kPa y q_a 1586 kPa que nos da una carga admisible en la columna de 2884 kN que comparado con su estado natural del suelo que nos da una resistencia a la compresión de 2.59kg/cm² y una capacidad portante de q_{ult} 980 kPa y q_a 327 kPa que nos da una carga admisible en columna de 470 kN lo que nos indica que cuadruplica la capacidad portante del suelo limo-arenoso, lo que demuestra que el componente sólido SOLIDRY trabaja de manera eficiente junto a los golpes de compactación. Finalmente, esta investigación se convierte en un antecedente para poder realizar mayores investigaciones usando el sistema CONSOLID.

PALABRAS CLAVE: Estabilización, Suelos, Sistema Consolid

ABSTRACT

In this research it was proposed to elaborate compressed earth test tubes, stabilized with an eco-friendly additive called CONSOLID system that consists of a liquid component called C444 and a solid component called SOLIDRY. The first component (liquid), gives the soil the property of agglomerating its particles, which improves its compression capacity and its resistance to compression. The second component (solid), gives the soil impermeability properties since it petrifies the particles, which reduces the absorption effects.

In order to carry out this research, the soil of the Praderas del Inca APV (San Sebastián district) in the city of Cusco was chosen. The physical-mechanical properties of the soil were studied through the elaboration of stabilized soil test tubes with four different dosages of the liquid component C444 (0.1%, 0.2%, 0.5% and 0.8%) as well as four different dosages of SOLIDRY (0.5%, 2.0 %, 4.0% and 10.0%) accompanied by four different # of ENERGY strokes (4, 8, 12 and 16) and then go on to perform the simple compressive strength test in order to obtain the cohesion of the soils.

As a result, we obtained that one of the soil test tubes elaborated with a SOLIDRY dose of 10% the weight of the soil and a C444 dose of 0.8% in dry weight of the soil combined with 16 strokes of compaction energy, a resistance to the compression of up to 13kg / cm² and that consequently gave us a bearing capacity of qult 4758 kPa and qa 1586 kPa which gives us an admissible load on the column of 2884 kN which compared to its natural state of the soil which gives us resistance to the compression of 2.59kg / cm² and a bearing capacity of qult 980 kPa and qa 327 kPa which gives us an admissible column load of 470 kN which indicates that it quadruples the bearing capacity of the silty-sandy soil, which shows that the component solid SOLIDRY works efficiently alongside compaction blows. Finally, this investigation becomes a precedent to be able to carry out further investigations using the CONSOLID system.

KEYWORDS: Stabilization, Soils, Consolid System

1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Los suelos predominantes en el distrito de San Sebastián son limos y arenas pobremente compactadas esto trae como consecuencia que su capacidad portante se vea afectada dado que la densidad relativa de dichos materiales es baja como lo es todas las cuencas de río.

De manera que los limos y arenas presentes en grandes capas en la zona presentan una disminución notable en su capacidad portante, así como en su compresibilidad.

Sin embargo las zonas de expansión urbana como en el distrito de San Sebastián permiten la construcción de edificaciones altas de hasta 8 pisos de altura, estas necesitan el diseño adecuado de sus cimentaciones y por lo tanto pueden beneficiarse mucho de las nuevas técnicas de estabilización de suelos para la mejora de las capacidades portantes de manera que surge el problema de la presente investigación cual es el de indagar el efecto de algún tipo de estabilizante, especialmente de emulsión invertida sobre la capacidad portante del suelo de este tipo es decir suelos limo-arenosos y aplicar los resultados de este estudio al diseño de un edificio por ejemplo de 5 pisos en la zona de delimitación de la investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

Cuál es el efecto de un estabilizante de emulsión invertida en la capacidad portante de un suelo y su aplicación al diseño de la cimentación de un edificio de 5 pisos en el distrito de San Sebastián.

1.2.2. Problemas Específicos

- a.** Cuál es el efecto de la aplicación de un estabilizante de emulsión invertida en la capacidad portante de un suelo limo-arenoso de la zona de San Sebastián.

- b.** Cuál es el resultado de aplicar el conocimiento del efecto de un estabilizante de emulsión invertida en la diseño de la cimentación de un edificio de 5 pisos en el distrito de San Sebastián.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

a. Conveniencia

Este trabajo de investigación es conveniente por que pretende la aplicación de los conocimientos de la ingeniería civil, en especial el desarrollo de la geotecnia enfocado en la mejora de la capacidad portante de los suelos y por lo tanto a la optimización del diseño de cimentaciones para un edificio alto. Sirve por lo tanto la presente investigación, para aplicar de forma productiva la teoría existente acerca de la estabilización de los suelos.

b. Relevancia Social

La presente investigación servirá como un ejemplo de mejora de suelos para todas las edificaciones que se vayan a construir en la zona del distrito de San Sebastián lo cual traería ahorros para los constructores como también a los propietarios de dichas edificaciones dado que se si optimiza el costo de la cimentación que conforme se sabe es un alto porcentaje del costo total de la edificación entonces se estaría teniendo un impacto social importante.

c. Implicancia Práctica

La implicancia práctica de la presente investigaciones que determinara una mejor forma de usar el suelo a través de una tecnología novedosa de un estabilizante de emulsión invertida.

d. Valor Teórico

El valor teórico de la siguiente investigación se basa en que hará una recopilación teórica de la estabilización de suelos, de los temas de capacidad portante y del diseño de cimentaciones para edificaciones de concreto amado, poniendo en relieve las últimas tendencias en dichos conciertos.

e. Utilidad Metodológica

La investigación ayudara como un nuevo método planteado para poder estabilizar los suelos de la zona del distrito de San Sebastián, otros investigadores proyectistas podrían utilizar los mismos pasos a seguir en la investigación para mejorar de forma eficiente el diseño de sus cimentaciones.

1.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Delimitación Espacial

Este estudio se realizará dentro del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, esto comprende implícitamente los límites de la APV Praderas del Inca que está constituido por capas de suelo limo-arenosos y en ocasiones lentes de grava mal graduada, con rastros de diatomita.

1.4.2. Delimitación Temporal

La investigación será llevada a cabo durante el primer semestre del año 2021 que para la zona del distrito de San Sebastián es una época de lluvias con temperaturas moderadas y con vientos fuertes.

1.4.3. Delimitación Conceptual.

Los conceptos a los que apelara la siguiente investigación son la estabilización de los suelos, la capacidad portante de los suelos y la definición de suelos limo-arenosos y la definición del Sistema Consolid.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis General

Un estabilizante de emulsión invertida mejora notablemente la capacidad portante de un suelo y el aplicarlo al diseño de la cimentación trae consigo un ahorro constructivo.

1.5.2. Hipótesis Específicos

- a. La aplicación de un estabilizante de emulsión invertida cuadruplica la capacidad portante de un suelo limo-arenoso.
- b. El uso de un suelo estabilizado con emulsión invertida y cuya capacidad portante esta mejorada permite un ahorro de hasta un 20% de la estructura de la cimentación.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo General

Determinar el efecto de un estabilizante de emulsión invertida en la capacidad portante de un suelo y aplicar dichos resultados al diseño de la cimentación de un edificio de 5 pisos en el distrito de San Sebastián.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el efecto de un estabilizante de emulsión invertida en la capacidad portante de un suelo limo-arenoso.
- b. Aplicar los resultados al diseño de la cimentación de un edificio de 5 pisos en el distrito de San Sebastián.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES LOCAL.

- “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería de tierra cruda de los distritos: San Sebastián y Santiago, estabilizados con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Universidad Andina del Cusco

Presentado por: - Oskar Fabricio Velásquez Flores

- Diego Humberto Avalos Huaman

Fecha: 2018

En la presente investigación se propuso evaluar las propiedades físicas-mecánicas de las unidades de albañilería estabilizados con el aditivo llamado Sistema CONSOLID fabricadas con el suelo natural (cruda) de la zona de Huancaro (Santiago) y la zona de Wimpillay (San Sebastián), como propuesta de un material de construcción sostenible. Para esto se tuvieron que realizar distintas pruebas para caracterizar cada uno de los suelos empleados, tales como: límites de atterberg, análisis granulométrico y pruebas de Proctor. Cabe destacar que la humedad obtenida por la prueba de Proctor modificado, no posibilitó la debida trabajabilidad de cada ladrillo para ninguno de los suelos trabajados, por esta razón efectuamos una prueba de Proctor adaptado al contexto con el cual se fabricaron las unidades, donde se usaron diferentes proporciones de agua para obtener la humedad óptima. Para avalar los resultados, se fabricaron unidades con distintas cantidades de humedad a la prueba de resistencia a la compresión. Mas tarde, se prosiguió a elaborar las unidades de albañilería con los aditivos propuestos. Para poder determinar las dosis óptimas de los estabilizadores C-444 y SOLIDRY, se fabricaron unidades de albañilería con diferentes dosis, primeramente, se empleó el componente liquido (C-444), donde se prosiguió a evaluar la resistencia a la compresión de las unidades y se optó por la dosis que se comportó de una forma mucho más efectiva, luego se pasó a añadir el componente solido (SOLIDRY)

donde se pasó a evaluar de igual forma que con el C-444. A estas unidades se le realizaron pruebas de resistencia a la compresión para una evaluación dado que esta propiedad mecánica tiene una relación de proporcionalidad directa con la calidad del producto. Una vez que se logró obtener la dosificación de los aditivos C-444 (componente líquido) y SOLIDRY (componente sólido) así como los valores óptimos de humedad, se prosigió a elaborar las unidades de albañilería finales. Posteriormente se les realizaron pruebas para evaluar las propiedades físico - mecánicas tales como: alabeo, peso, succión, absorción, resistencia a la compresión, variación dimensional y módulo de rotura siguiendo los parámetros establecidos en la NTP 399.613 (2005) y la norma E.070 (2006). Al obtener los resultados finales, se pudo determinar que las unidades de albañilería fabricadas con estas dosificaciones y porcentajes óptimos nos aseguran mínimo una resistencia a la compresión de 20 Kg/cm² para cada suelo.

Dosificaciones de aditivo C-444 óptimas.

Distrito	Dosificación	f' b obtenido	Coefficiente
	l/m ³	kg/cm ²	variación
Santiago	2.75	20.73	5.73%
San Sebastián	1.40	26.62	5.35%

Dosificaciones de aditivo SOLIDRY óptimo.

Distrito	Dosificación	f' b obtenido	Coefficiente
	kg/m ³	kg/cm ²	variación
Santiago	50.00	23.73	3.57%
San Sebastián	10.00	17.05	6.78%

Resultado del ensayo de resistencia a la compresión.

Distrito	Sin aditivo	Aditivo C-444	Aditivo SOLIDRY	Con aditivo	Mejora
	f' b (kg/cm ²)	l/m ³	kg/m ³	f' b (kg/cm ²)	f' b (kg/cm ²)
Santiago	18.87	2.75	50	20.61	SI
San Sebastián	30.41	1.40	10	22.58	NO

Resultado del ensayo de módulo de rotura.

Distrito	Sin aditivo	Aditivo C-444	Aditivo SOLIDRY	Con aditivo	Mejora
	S (kg/cm ²)	l/m ³	kg/m ³	S (kg/cm ²)	S (kg/cm ²)
Santiago	8.34	2.75	50	6.77	NO
San Sebastián	3.47	1.40	10	4.88	SI

ANTECEDENTES NACIONALES.

- a) Título: Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el Sistema Consolid en la Carretera Ollantaytambo en el tramo 0+000 – 1+000. distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, Región Cusco, 2018.

Universidad Andina del Cusco

Autor: - María del Carmen Ccopa Estrada

- Pamela Alexandra Fernández Gonzales

Fecha: 30-10-2018

Este trabajo de investigación se propuso estudiar las propiedades físico-mecánicas del suelo in situ que se encuentran en la carretera Ollantaytambo en el tramo 0+000–1+000 distrito Ollantaytambo, provincia de Urubamba (Cusco), la cual se descubrió que no está pavimentada y que solo dispone de una capa de afirmado, dado que la carretera en este caso no es posible tratarlo a causa de que no se puede interferir en un espesor mayor a un metro de profundidad, por encontrarse en un área arqueológica. El suelo de la carretera no logra cumplir con las especificaciones que se necesitan para que se puedan usar en la construcción de una vía, por ende, este trabajo se enfocó en la estabilización de suelos con material in situ y la utilización del aditivo llamado Sistema Consolid que presenta un componente líquido (C-444) y un componente sólido (Solidry) en este tramo para realizar el análisis de sus respectivas propiedades. La solución alterna que planteamos consiste en aplicar el C-444 en proporciones de 0.04%, 0.10% y 0.50% con respecto al peso del suelo para observar los diferentes cambios que podría presentar y así encontrar la dosificación óptima del aditivo C-444 para la carretera

antes mencionada según sus particulares características, de la misma manera adicionamos Solidry al 1.5% de manera estándar como sugieren los antecedentes en el empleo del aditivo impermeabilizante. Para analizar la comparación entre los valores de las propiedades físico-mecánicas se hicieron distintas pruebas como permeabilidad, CBR, Proctor modificado límites de Atterberg, granulometría y abrasión, siguiendo las normas del AASHTO, MTC y ASTM que nos permitirá determinar los cambios en su comportamiento al estabilizarlo con el aditivo llamado Sistema Consolid. Tras la culminación de esta investigación se encontró que la mejor dosis de C-444 es de 0.10% con respecto al peso del suelo dado que luego de ser añadida, se pudo ver que los porcentajes de CBR se elevaron; de igual manera con la adición del Solidry estos valores se incrementaron aún más debido a que la permeabilidad del suelo se vio disminuida de forma significativa, dándole así una resistencia mayor y un porcentaje menor de expansión, no obstante con la adición de 0.04% se observó que no presento mucha variación y al utilizar la dosis de 0.50% de C-444 fue muy excesiva observandose algunas variaciones en las propiedades de los suelos.

- b) Título: “Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”**

Universidad Andina del Cusco

Autor: - Cornejo Gómez, Oscar Octavio

- Figueroa Madera, Jharolh Gerardo

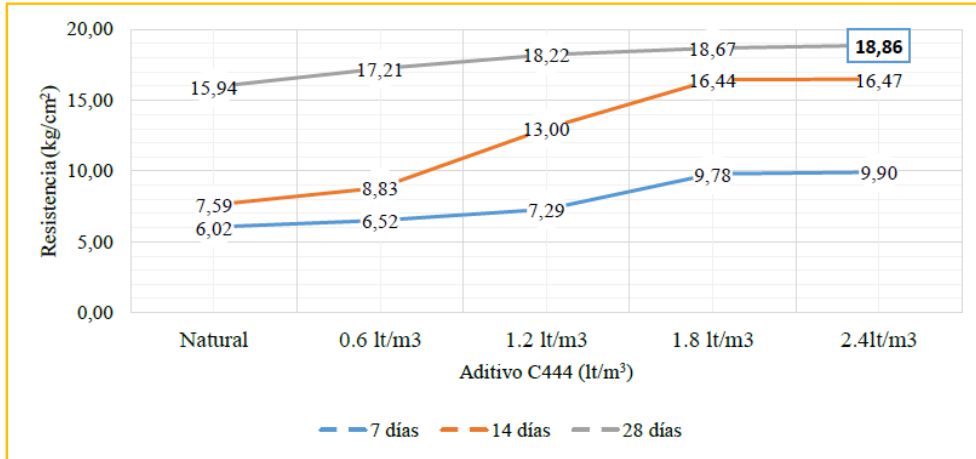
Fecha: 2018

En este trabajo de investigación se planteó la fabricación de ladrillos de suelo comprimido, estabilizados con el aditivo eco amigable de nombre Sistema CONSOLID, su preparación se realiza con dos componentes: uno líquido de nombre C-444 y uno sólido de nombre Solidry. El componente líquido, le confiere a dicho suelo la propiedad de que sus partículas se agrupen, lo que ayuda a mejorar su capacidad de resistencia a la compresión. El componente sólido, le atribuye la propiedad de impermeabilidad al suelo, lo que reduce los efectos de succión y absorción del área y aumenta su periodo de duración. Para realizar esta

investigación, se eligieron dos suelos para estudiar: un suelo del sector de Tambillo (Cusco) y otro del sector de PetroPerú (San Jerónimo). Los suelos fueron sometidos a un análisis de sus propiedades físico-mecánicas con el propósito de poder hallar la humedad óptima de compactación (W_{opt}) y el límite líquido (LL). Al haber obtenido estos resultados se hicieron pruebas preliminares de ladrillos con distintas dosis de humedad (las cuales varían entre LL y W_{opt}), para determinar el porcentaje óptimo de compactación en los ladrillos. Con la humedad óptima obtenida se hicieron 150 ladrillos de suelo, con cinco distintas dosis del agregado líquido C-444 (0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4l/m³). Estos ladrillos fueron sometidos a pruebas de compresión simple, que nos dieron como resultado que con la dosis de 1.8l/m³ y 1.2l/m³ se conseguían mejores resultados de resistencia a la compresión para Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Posteriormente al obtener la dosis óptima de C-444, se produjeron 90 ladrillos con distintas dosis del componente Solidry (10, 30 y 50kg/m³, para Tambillo y 30, 50 y 70kg/m³, para PetroPerú) y de nuevo se le realizaron las pruebas de compresión simple. Los resultados más óptimos de resistencia se lograron con 50kg/m³ y 70kg/m³, para Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Por último, se efectuaron pruebas de alabeo, absorción, succión, módulo de rotura y variación dimensional, teniendo como propósito el comparar resultados con los valores que especifica la Norma E.070 (2006). En conclusión, se determinó que los ladrillos hechos con el suelo de Tambillo lograron una resistencia a la compresión de 28.09kg/cm² y 10.59kg/cm² para el suelo de Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Estos resultados no se pueden comparar con los ladrillos de arcilla cocida, no obstante, si sobrepasan al adobe. Por otra parte, los ladrillos demostraron un mejor comportamiento en las pruebas de absorción, lo que nos indica que el aditivo Solidry trabaja eficientemente. Para concluir, este trabajo se propuso como antecedente para llevar a cabo investigaciones mayores utilizando el aditivo CONSOLID.

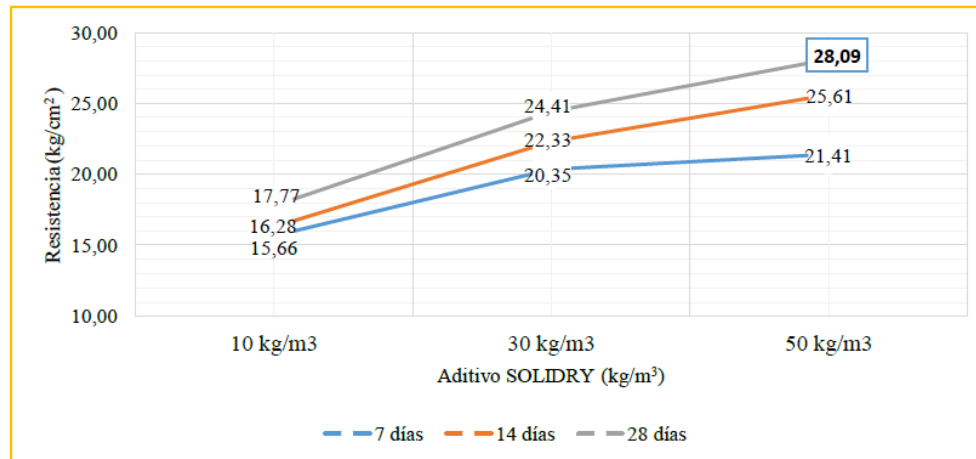
Resistencia [kg/cm²] vs Cantidad de C444 – Distrito de Cusco.

		Dosificación				
		Natural	0.6 lt/m ³	1.2 lt/m ³	1.8 lt/m ³	2.4lt/m ³
Edad	7 días	6.02	6.52	7.29	9.78	9.90
	14 días	7.59	8.83	13.00	16.44	16.47
	28 días	15.94	17.21	18.22	18.67	18.86



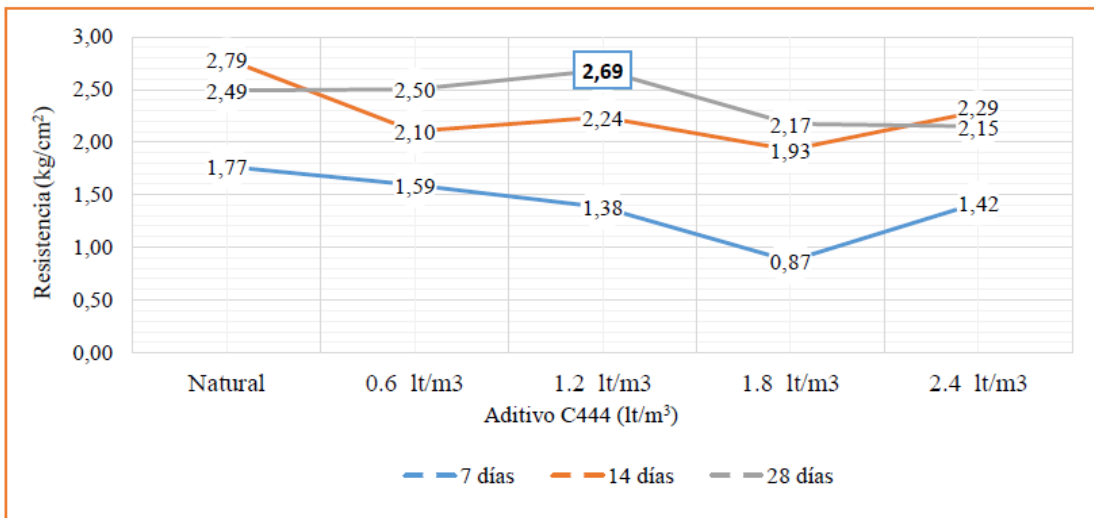
Resistencia [kg/cm²] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de Cusco.

		Dosificación		
		10 kg/m ³	30 kg/m ³	50 kg/m ³
Edad	7 días	15.66	20.35	21.41
	14 días	16.28	22.33	25.61
	28 días	17.77	24.41	28.09



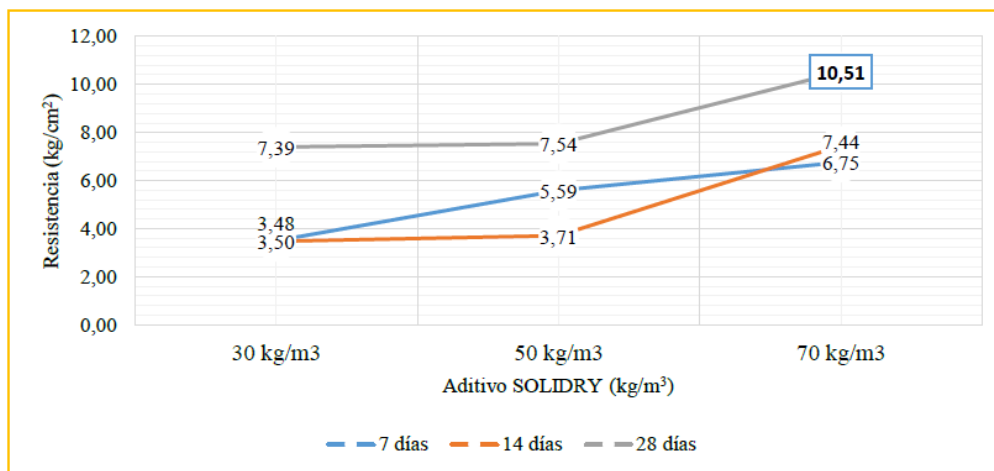
Resistencia [kg/cm²] vs Cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo.

		Dosificación				
		Natural	0.6 lt/m ³	1.2 lt/m ³	1.8 lt/m ³	2.4 lt/m ³
Edad	7 días	1.77	1.59	1.38	0.87	1.42
	14 días	2.79	2.10	2.24	1.93	2.29
	28 días	2.49	2.50	2.69	2.17	2.15



Resistencia [kg/cm²] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo.

		Dosificación		
		30 kg/m ³	50 kg/m ³	70 kg/m ³
Edad	7 días	3.50	5.59	6.75
	14 días	3.48	3.71	7.44
	28 días	7.39	7.54	10.51



ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- “Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del km 32 al 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el Sistema CONSOLID”.

Pontificia Universidad Católica de Ecuador

Presentado por: - Aguirre, José Julián

- Prado, Manuel

Fecha: 2012

En la investigación se plantea una solución técnica para estabilizar la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del kilómetro 32 al 38 ubicado en Cantón Cotacachi, (Imbabura, Ecuador), usando el Sistema CONSOLID. Con la finalidad de cuantificar y estimar el valor del índice plástico y del CBR del suelo a tratar con el Sistema CONSOLID. Para ello, se tomaron distintas muestras de la ubicación del tramo estudiado identificando sus propiedades naturales, clasificación y características del suelo. Posteriormente, se obtuvieron los valores de índice plástico y CBR de los especímenes naturales de suelo y los que fueron procesados con el Sistema CONSOLID. También, se realizó el análisis y la comparación de los costos de construcción del km 32 al 38 de la vía, usando un proceso regulado y los costos de construcción usando el Sistema CONSOLID. Se concluyó que el índice plástico disminuyó con la aplicación del Sistema CONSOLID. Los suelos de alta plasticidad se ven afectados, debido a que su índice plástico sufrió una disminución relevante. La humedad ideal de compactación no varía entre el suelo tratado con el Sistema CONSOLID y el suelo natural, además que dicha humedad es usada para la aplicación del sistema antes mencionado. Las probetas tratadas con el Sistema CONSOLID absorben menores cantidades de agua en comparación con las probetas de suelo natural, por ende, el Sistema CONSOLID actúa al impermeabilizar el suelo y conservar la humedad de compactación. De esta manera, el Sistema CONSOLID ayuda a reducir la variación del volumen del suelo. Los suelos finos muestran un incremento en proporción al CBR inicial. Su aumento es 6 veces su CBR inicial.

De acuerdo a los datos que obtuvimos de las pruebas de laboratorio, trabajos de gabinete y trabajos en campo se concluyó lo siguiente:

- ✓ El índice plástico de los suelos se vio disminuida por el sistema Consolid. La reducción más elevada fue 71 % en suelos M.H. Las muestras en gran medida plásticos se observaron que su índice plástico se vio afectada con una reducción alta en relación a los demás suelos.
- ✓ Se determino que no hay diferencia en cuanto a la humedad optima de compactación se refiere, en contraste del suelo estabilizado con Consolid y el natural. Para aplicar el Consolid se utilizará la humedad optima del suelo natural.
- ✓ La densidad seca más alta en el suelo mejorado en lapsos cortos se observó que no presento alteraciones en contraste al material natural. La proporción de absorción de los recipientes alterados con Consolid en relación al del material natural es mucho menor, de manera que, el aditivo Consolid actúa de manera que impermeabiliza el suelo y conserva la humedad de compactación.
- ✓ La muestra natural posee un esponjamiento mayor al material modificado con Consolid. El descenso más alto es de 50 % en suelos tipo M.H. Lo cual sugiere que al suelo no entrara agua.

Podemos observar los siguientes cuadros en los que se revela los datos obtenidos de los porcentajes de agua absorbida (%) del suelo natural y del suelo con consolid, tambien los datos de esponjamiento máximo del suelo natural y tratado, por ultimo los datos de CBR de los distintos suelos.

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA %						
Abscisa	56 golpes		25 golpes		11 golpes	
	Natural	Consolid	Natural	Consolid	Natural	Consolid
32+600	4,57	1,18	7,07	2,45	13,91	3,86
33+500	1,10	0,90	3,24	2,80	10,01	5,54
34+700	4,25	1,22	6,49	2,28	11,76	3,63
35+700	10,86	2,29	15,79	3,46	24,46	5,60
36+700	4,31	0,81	8,35	2,64	10,28	4,39
37+700	4,57	1,90	8,67	3,29	9,84	5,92

ESPONJAMIENTO MÁXIMO		
Abscisa	Natural	Consolid
32+600	0,62	0,53
33+500	0,51	0,49
34+700	0,6	0,51
35+700	2,95	1,54
36+700	2,2	1,09
37+700	1,75	1,18

CBR			
Abscisa	Natural	Suelo con Consolidado sumergido inmediatamente de moldeado a la Wopt	Suelo con Consolidado secado al 50% de la Wopt antes de sumergirse
32+600	17,21	48,59	22,28
33+500	19,96	27,33	25,14
34+700	15,97	35,15	21,56
35+700	4,47	27,62	14,83
36+700	7,79	17,3	15,51
37+700	8,72	15,43	20,35

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUELOS LIMO-ARENOSO

El suelo limoso tiene una composición alta de limo, con partículas de grava, arcillas y arenas; un sedimento con una estatura que no sobrepasa los 0,05 mm. Posiblemente esta particularidad la hace fértil y fácil de manejar.

Dada su dimensión ligera y baja, es trasladado por corrientes de aire, ríos; en el trayecto las partículas se reducen cada vez más, por el impacto que reciben con diferentes áreas y otros procesos químicos que suceden en el trayecto, que terminan cerca de los cauces de los ríos, lagunas o humedales. Este material es

una de las tres clases de suelos conforme a su textura, siendo los otros arcillosos y arenosos.

El material arenoso cuenta con la característica de poseer la textura más gruesa, la adhesión baja, ásperos y son altamente porosos. Este material está formado principalmente por arena. La arena en comparación con la arcilla no retiene el agua solo la dejan pasar a capas más profundas. Son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad.

2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

Sabemos que no es fácil encontrar el suelo apropiado que pueda garantizar la durabilidad y estabilidad de una planicie. Si ligamos a ello el crecimiento gradual de la importancia del medioambiente y la presión de la sociedad por reducir la apertura de préstamos nuevos y los vertederos que se necesiten para el movimiento de tierras de una infraestructura, es claro que debemos esforzarnos en la utilización de materiales catalogados como tolerables y otros que no son adecuados. Proceso por el cual los suelos naturales son sometidos a algún tratamiento de tal manera que sea posible beneficiarnos de sus mejores cualidades. Los procedimientos que ayudan a mejorar las propiedades físicos-químicos que elevan la resistencia del suelo, la cohesión y/o fricción de la combinación suelo-producto estabilizante.

La estabilización de suelos consiste en adicionar un material, que normalmente es cal o cemento a un suelo que ya existe, para ayudar a mejorar las propiedades del suelo. Algunas de las ventajas directas que conseguimos de estabilizar suelos son, las siguientes:

- ❖ Aprovechar suelos de baja calidad, evitando su extracción y transporte a vertedero.
- ❖ Reducir la sensibilidad al agua de los suelos, aumentando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos.
- ❖ Permitir la circulación por terrenos impracticables y obtener una plataforma estable de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo.

Los procesos más usados son la estabilización con cemento y cal, aunque también se emplean otros aditivos, resaltando los procesos de estabilización con ligantes hidrocarbonados y la estabilización con cloruros (Victor Yepes Piqueras).

2.2.3. CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS

Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir frente a cargas que varían (casi) al instante y cargas cuasi permanentes. Esto se debe a que los terrenos poseen alta porosidad, y estos poros pueden estar parcial o totalmente saturados de agua. Generalmente los terrenos se comportan de manera más rígida frente a cargas de variación casi instantáneamente ya que éstas incrementan la presión intersticial, sin causar el desalojo de una cantidad significativa de agua. Mientras que, bajo cargas permanentes la diferencia de presión intersticial entre distintas áreas del terreno ocasiona el drenaje de algunas áreas.

En la comprobación o cálculo de la capacidad portante de un terreno sobre el cual existe una construcción, debe atenderse a corto plazo (caso sin drenaje) y a largo plazo (con drenaje). En el comportamiento a corto plazo se excluyen todos los términos a excepción de la última cohesión, mientras que en la capacidad portante a largo plazo (caso con drenaje) es fundamental también el rozamiento interno del terreno y su peso específico.

Resistencia a la compresión simple.

El esfuerzo más elevado que puede resistir un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede establecer, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. No obstante, la resistencia a la compresión de los materiales que no se quiebran en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo que se necesita para alterar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se halla al dividir la carga máxima y el área original transversal de una probeta en un ensayo de compresión.

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica fundamental del concreto. Se establece como la capacidad para aguantar una carga por unidad

de área, y se representa en términos de esfuerzo, en general en kg/cm², MPa y algo frecuente en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, se utilizan principalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requisitos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura determinada. Los resultados de los ensayos de resistencia a partir de la fabricación de cilindros, se pueden usar para controlar la calidad, aceptación del concreto o para calcular la resistencia del concreto en estructuras, lo que permite programar las operaciones de construcción, tales como la remoción de formaletas (cimbras) o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Capacidad Portante de Suelos en Cimentaciones.

En cimentaciones la capacidad portante se define a la capacidad del terreno para soportar las cargas que se aplican sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la presión máxima media de contacto entre la cimentación y el terreno de manera que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por ello, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

- Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.
- Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

2.2.4. SISTEMA CONSOLID

Definición del Sistema CONSOLID

El Sistema CONSOLID es un estabilizante de suelos cohesivos y semi-cohesivos, ya que éstos suelos tienen la propiedad de volver a petrificarse en tiempos prolongados y a presiones altamente elevadas. El sistema actúa al acelerar estos procedimientos por procesos catalíticos, activando el suelo mediante procesos catalizadores o pseudo catalizadores. El Sistema CONSOLID se centra en la aplicación y mezcla con el suelo de dos componentes: el C-444 que es el componente líquido y el SOLIDRY que es el componente en polvo (Consolid Productos Viales, 2011).

CONSOLID o C-444 (Componente líquido)

El CONSOLID o C-444 permite la aglomeración irreversible de las partículas finas. Lo que conlleva a una reducción de la superficie activa del suelo. Actúa sobre el agua absorbida, insertándose entre las partículas del suelo y formando complejas estructuras moleculares que actúan mediante procesos catalíticos. De esta forma, reduce la tensión superficial de agua que circunda dichas partículas de suelo, promoviendo una mayor compactación y la atracción electromagnética entre ellas. También, provee una mayor resistencia a la deformación y disminuye la saturación capilar del suelo. (Consolid Productos Viales, 2011):

Aplicación

Se presenta como un líquido semi-viscoso que se mezcla sin inconveniente con el agua. Para su aplicación, debe incorporarse el agua necesaria con la cual se obtiene la humedad óptima de compactación del suelo tratado. El mezclado debe ser primero el agua y luego el químico. Se debe prever que la adición del C-444 con agua no exceda la humedad óptima de compactación. Una vez aplicado el C-444, sigue la aplicación del producto SOLIDRY.

SOLIDRY o SD (Componente en polvo)

El SOLIDRY es un producto complementario del C-444 que refuerza la protección contra el agua, bloquea los capilares y permite que el agua de la superficie no penetre en la capa tratada, de esta manera impermeabiliza el suelo. Está diseñado para ser aplicado a suelos de alta plasticidad, llevando su índice plástico a valores tales que el suelo pueda ser tratado fácilmente. De esta manera, impermeabiliza el suelo disminuyendo su sensibilidad al agua. Para su uso se debe tener en cuenta los siguientes puntos (Consolid Productos Viales, 2011):

- La petrificación es irreversible, salvo rotura mecánica del suelo.
- La aplicación habitual varía entre 0.5% y 2% respecto del suelo tratado, con una mezcladora o cualquier máquina que asegure distribución homogénea y perfecto mezclado con el suelo
- Actúa sobre la carga iónica de las partículas, facilitando su unión y evitando la entrada de agua.

Aplicación

Se inicia con la distribución del SOLIDRY, siguiendo las pautas de dosificación establecida, luego se esparce el SOLIDRY, cubriendo toda la superficie del suelo. Se procede a mezclar el material y el SOLIDRY, hasta conseguir una superficie homogénea sin ningún tipo de grumos o manchas blancas. Finalmente, se compacta con los métodos y máquinas recomendadas para el tipo de suelo que se trabaje.

Cambios en las Propiedades de los Suelos

El tratamiento de suelos con sistema CONSOLID produce cambios en los límites de Atterberg, límites de contracción, CBR y humedad. Estos cambios varían dependiendo de la dosificación utilizada y el tipo de suelo. La variación del índice plástico es una de las características más importantes del sistema CONSOLID, pues aumenta la trabajabilidad del suelo. Con el aditivo, se logra que las partículas finas sean rodeadas por cationes en su capa de absorción, lo que ocasiona una

atracción de estas partículas y forma estructuras de muy bajo grado de orientación. Esto concede al suelo una mayor resistencia a la deformación y una mayor compactación.

Rangos de dosificación

Los valores de C-444 que es un líquido soluble en agua y SD (SOLIDRY) es un polvo que aplica en suelo seco respectivamente, a continuación con los datos que el fabricante estima necesarios, los cuales fueron obtenidos luego de varios ensayos, experimentaciones y análisis, estos son (J. Aguirre, 2012):

C-444 ----- 0,4 a 0,8 l/m³

SD ----- 1 a 2% en peso (2 a 4 kg/m²)

Ventajas del Sistema CONSOLID

El Sistema CONSOLID demuestra su efectivo poder de mejoramiento de las propiedades de permeabilidad de los finos-arcillosos y de resistencia. Trabaja igual con cualquier otro suelo, activa las fuerzas cohesivas propias del suelo y reduce la influencia del agua de forma importante y duradera (Consolid Productos Viales, 2011). Las ventajas del sistema CONSOLID son:

- Con la finalidad de obtener una densidad mayor en el suelo, el tratamiento actúa como catalizador de la petrificación del suelo.
- El tratamiento reduce la velocidad ascenso capilar y la absorción de la superficie.
- Actúa sobre las partículas finas transformándolas en ligantes naturales.
- Multiplica la capacidad portante del suelo natural entre 2 y 10 veces más.
- Reduce significativamente la absorción por capilaridad y el hinchamiento libre.
- Convierte en suelos idóneos para la construcción, lo que antes no lo eran.
- No reacciona químicamente con el suelo.
- Es reciclable, ya que el suelo tratado y petrificado puede triturarse y volverse a compactar.

Desventajas del Sistema CONSOLID

- En suelos altamente plásticos la aplicación del sistema CONSOLID se dificulta la trabajabilidad, al momento de homogeneizar los productos con el suelo (Aguirre & Prado, 2012).
- Para la adquisición del aditivo se realiza mediante un proveedor autorizado, lo que dificulta encontrar el producto de manera comercial.
- El sistema no actúa eficientemente en suelos que no presenten un contenido de limos y arcillas que oscile entre los valores de 20% - 30%.
- Una desventaja es que, se pueden presentar problemas como la extrema variación de los tipos de suelos con la aplicación del sistema

3. METODOLOGÍA

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

Para el trabajo de investigación corresponde a una investigación aplicada, cuyo propósito es aplicar las teorías en la práctica para así poder dar solución a los problemas existentes de manera que beneficie a la sociedad al plantear la incorporación del estabilizante sistema CONSOLID en los suelos limo-arenoso para mejorar su capacidad portante. Y así poder tener un mejor suelo para la construcción de edificios en estas áreas con dicho tipo de suelo.

3.1.2. Nivel de Investigación

El presente estudio corresponde a una investigación explicativa o causal ya que su propósito es dar a conocer el comportamiento de la variable independiente sobre la variable dependiente, ya que buscamos el porqué de los hechos mediante las relaciones causa-efecto y por lo criterio de causalidad requiere una estadística para su debida comparación de un testigo de tierra natural sin estabilizar y otro testigo de tierra estabilizado con sistema CONSOLID en las propiedades de resistencia a la compresión. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

3.1.3. Diseño de Investigación

La presente investigación corresponde a un diseño experimental, ya que esta se refiere a “Elegir o Realizar una Acción” y posteriormente observar las consecuencias. En el caso de la presente investigación, se fabricarán testigos de tierra comprimidas manualmente y se observarán cuáles son las consecuencias en las propiedades físico-mecánicas de dichos testigos tras ser estabilizados con el Sistema CONSOLID. Eso quiere decir, que los investigadores manipularan intencionalmente, en más de dos grados (es decir en varias dosificaciones), los aditivos C-444 y SOLIDRY del sistema CONSOLID, para analizar las consecuencias en los testigos de tierra estabilizadas, dentro de una situación de control para los investigadores (Sampieri et al, 2016).

Donde su propósito es que proporcionan y factibilizan el control de las posibles fuentes que inciden negativamente en la validez interna.

3.1.4. Enfoque de la Investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo porque realizaremos diferentes ensayos estandarizados por las diferentes normativas peruanas para evaluar las propiedades físico-mecánicas de los testigos de tierra estabilizados con sistema CONSOLID, en donde se utilizará la recolección de datos que permita responder preguntas respecto a la investigación y así poder probar las hipótesis establecidas previamente, en base a una medición numérica y análisis estadístico. El objetivo es establecer pautas de comportamiento del suelo limo-arenoso estabilizado con el sistema CONSOLID y así probar diferentes teorías de manera objetiva. Este enfoque tiene como característica que durante el proceso los fenómenos que se observen o midan no serán afectados por los investigadores. Al no ser afectados estos procesos y estudios efectuados podrán ser replicables por cualquier otro investigador (Sampieri et al, 2016).

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

3.2.1. Variable Independiente

- Estabilización

3.2.2. Variable Dependiente

- Capacidad Portante

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La teoría de Sampieri et al. (2016) indica que la población es un conjunto de todos los sucesos, en este caso, los testigos que serán elaborados bajo una serie de especificaciones o características.

Por lo tanto, la población del presente trabajo de investigación, son todos los testigos que han sido elaborados con la tierra de las zonas de APV Praderas del Inca del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco.

3.3.2. Muestra

A partir del tamaño de la población se procede a determinar la muestra cuando es imposible medir cada uno de los objetos de la población, la muestra es una fracción de la totalidad de la población que nos permite generalizar para dar representatividad sobre los objetos de estudio. Su propósito es lograr obtener datos representativos de la población. (Tamayo, 1995).

Se realizaron un total de 53 probetas elaborados con la tierra de la zona de APV Praderas del Inca del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco. Las muestras de suelos obtenidas fueron tomadas por criterio del investigador y se usaron para determinar el contenido de humedad óptimo y las propiedades físico-mecánicas de los testigos de tierra estabilizados con las dosificaciones óptimas de aditivo del sistema CONSOLID.

El lugar fue elegido por conveniencia, por la facilidad que brinda el propietario.

3.3.3. Muestreo

El método de muestreo de terreno en la presente tesis de investigación es no probabilístico debido a que no depende de la probabilidad sino más que todo a la accesibilidad o juicio del investigador, de tipo intencional por que la selección de los elementos de la muestra está basada por el criterio del investigador procurando que estas posean una representatividad de la población (Borjas, 2015, p 32).

Y para el muestreo experimental se usó el método probabilístico.

3.3.4. Unidad de Análisis

Las probetas de suelo limo-arenoso con adición de CONSOLID y SOLIDRY es el objeto de estudio el cual será la unidad de análisis para esta investigación, ya que a estos objetos de estudio se realizarán las pruebas mecánicas correspondientes para la recolección de datos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas de recolección de información

▪ Análisis de Documentos

Se basa en la obtención de la información de distintas fuentes bibliográficas científicas que aporten a la investigación sobre las características y propiedades de nuestra variable independiente.

En la primera fase de la tesis, la principal técnica de recolección de datos fue la recopilación documental, tanto de las bases teóricas para la tesis como de los antecedentes de investigaciones similares.

- **Observación**

Es una técnica fundamental para lograr obtener datos de las pruebas planteadas en el estudio, la cual se basa en registrar y seleccionar los resultados en los formatos estandarizados de manera directa y confiable.

Luego en la fase de ejecución de ensayos de campo, la principal técnica de recolección serpa la observación plasmada en protocolos de medición.

3.4.2. Instrumentos.

- **Formatos**

Son fuentes de carácter normativos para la recolección de datos de las pruebas que se realizarán a las probetas de estudios en cual se plasmarán en formatos estandarizados de la cuales estos formatos de toma de datos se basarán en los siguientes ensayos:

- ✓ Ensayo de resistencia de compresión (ASTM C-39).

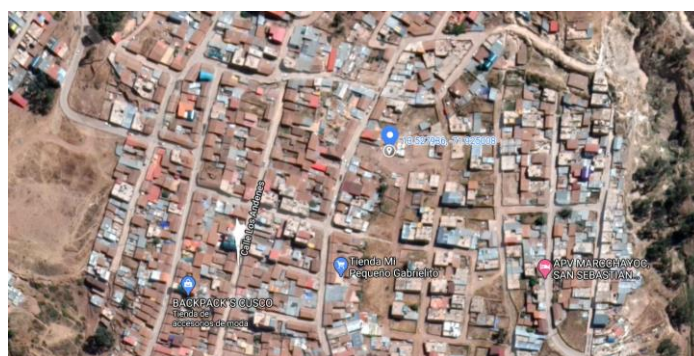
3.5. PROCEDIMIENTOS

3.5.1. Descripción de Procesos

ETPA I: Toma de Muestra

El material que se usara para la elaboración de las probetas de tierra para las pruebas correspondientes está ubicado en un terreno en la APV Praderas del Inca del distrito de San Sebastián como se muestra en la Figura N°1:

Figura N°1 Ubicación del Terreno



Para la obtención del material necesario para los ensayos se excavarán 7 pequeños agujeros de 0.60 x 0.60cm con una profundidad de 1m que se realizarán en diferentes partes del terreno antes mencionado como se muestra en la Figura N°2:

Figura N°2 Excavación del Terreno



Luego se procederá con la extracción del suelo necesario para elaborar las probetas como se muestra en la Figura N°3:

Figura N°3 Extracción de Muestra

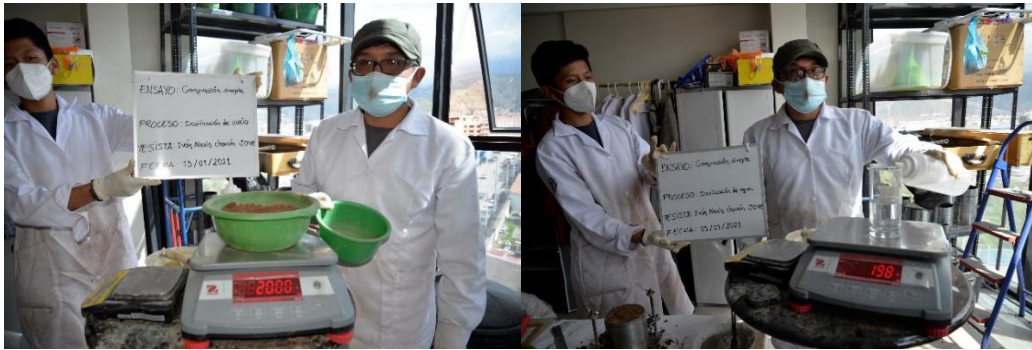


Posteriormente serán llevados al laboratorio para su almacenamiento.

ETAPA II: Proceso de Muestra

Se procederá a realizar el siguiente proceso para la elaboración de las probetas de tierra, empezando por la dosificación del suelo que consideramos 2000g y de agua 198g como se muestra en la Figura N°4 para las pruebas correspondientes:

Figura N°4 Dosificación de Suelo y Agua



Luego se procede a la dosificación de los componentes SOLIDRY y CONSOLID como se muestra en la Figura N°5 utilizando los porcentajes propuestos.

Figura N°5 Dosificación de SOLIDRY y CONSOLID



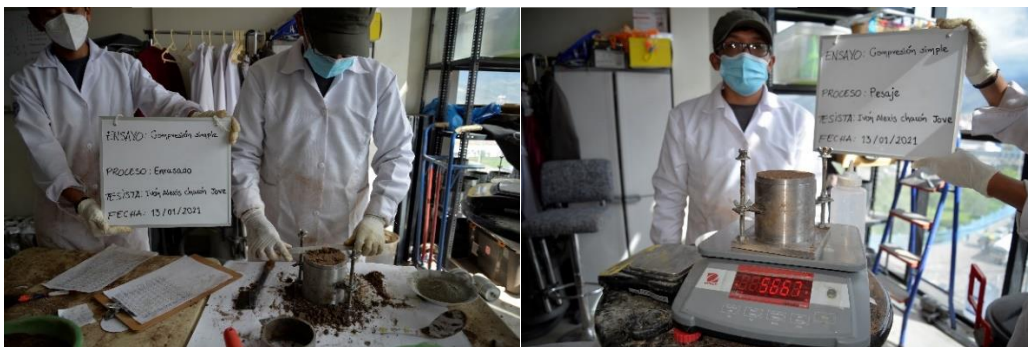
Por consiguiente, se procederá a hacer el mezclado de la tierra con los distintos componentes de SOLIDRY y CONSOLID ya dosificados durante un minuto con un cucharón, luego tenemos que frotar la parte interior del Proctor con vaselina para lograr que la eyección se realice sin inconvenientes, y pasar a depositar el suelo ya mezclado en el Proctor para luego pasar con el compactado de la mezcla utilizando el martillo Proctor como se muestra en la Figura N°6 es necesario:

Figura N°6 Mezclado y Compactado



Después de compactar la mezcla se procederá a realizar el enrasado de la probeta del suelo estabilizado, para luego realizar el pesaje respectivo de la probeta como lo muestra la Figura N°7:

Figura N°7 Enrasado y Pesaje



Y por último se realizará la eyección de la probeta de tierra con sumo cuidado para evitar su deterioro (hay que tener en cuenta que la gata hidráulica tiene que estar bien lubricado para su correcto uso), para después pasar a su respectivo almacenamiento en un lugar fresco y seco sin contacto con el sol, como se muestra en la Figura N°8:

Figura N°8 Eyección y Almacenamiento



Para realizar este procedimiento se realizó una hoja de cálculo Excel para determinar los porcentajes exactos de cada material que se usara para el ensayo.

ETAPA III: Ensayo de Muestra

Para esta fase se deberá tener en cuenta los formatos estandarizados para la recolección de datos al realizar pruebas de resistencia a la compresión simple como muestra la Figura N°9 al cabo de 14 días en un estado endurecido del suelo estabilizado con CONSOLID para ver el comportamiento.

Figura N°9 Prueba de Compresión Simple



ETAPA IV: Resultados

Luego de haber realizado los ensayos se procederá a recolectar los datos para realizar un análisis del grupo experimental mediante la aplicación del programa Microsoft Excel, de manera que podamos comprobar las hipótesis planteadas. Finalmente concluiremos con la investigación.

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el proyecto de investigación en el proceso de obtención de datos se utilizarán formatos estandarizados, con el propósito de registrar los valores de las pruebas realizadas en el laboratorio; se utilizará el complemento Real Statistics del programa Microsoft Excel con la intención de comprobar y probar las hipótesis planteadas, la estadística se dará de forma explicativa en presentación de comparación de cuadros y gráficas.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

- Las fuentes obtenidas para esta investigación provienen de fuentes confiables.
- El presente trabajo de investigación presenta material extraído de la zona delimitada para realizar las pruebas correspondientes.
- Las citas que aparecen en la presente investigación pertenecen a tesis, libros y artículos científicos, citados con sus respectivos nombres.
- Los ensayos de esta investigación se realizarán de forma profesional, cuidando a detalle la integridad de los resultados.

4. RESULTADOS

4.1. LAMINA DE DATOS

Estos son los datos recopilados de las pruebas realizadas a las 53 probetas de tierra estabilizada con CONSOLID y SOLIDRY como muestra la Tabla N°1.

Nombre	Orden	Solidry %	Consolid %	Energía (golpes)	Peso (g)	Compresión simple(kg/cm ²)	Densidad (kg/cm ³)
N1	22	0.5	0.1	4	5546	2.96	1.876
N2	5	10	0.1	4	5345	4.32	1.664
N3	2	4	0.2	4	5334	3.21	1.653
N4	39	0.5	0.8	4	5486	2.59	1.813
N5	20	10	0.8	4	5437	9.13	1.761
N6	1	2	0.5	4	5065	2.22	1.370
N7	26	0.5	0.2	8	5623	3.08	1.957
N8	32	4	0.8	8	5539	6.41	1.868
N9	31	0.5	0.1	16	5615	3.45	1.948
N10	40	10	0.1	16	5643	9.13	1.978

N11	33	0.5	0.8	16	5588	3.45	1.920
N12	12	10	0.8	16	5664	11.22	2.000
N13	43	4	0.5	16	5609	4.32	1.942
N14	48	4	0.1	12	5686	6.41	2.023
N15	44	2	0.8	12	5558	2.71	1.888
N16	36	10	0.5	12	5627	9.99	1.961
N17	13	2	0.5	12	5591	3.82	1.923
N18	47	2	0.5	12	5622	2.84	1.955
N19	30	0.5	0.1	4	5414	2.59	1.737
N20	15	10	0.1	4	5455	6.91	1.780
N21	6	4	0.2	4	5310	4.19	1.628
N22	41	0.5	0.8	4	5457	2.47	1.782
N23	53	10	0.8	4	5513	7.89	1.841
N24	25	2	0.5	4	5559	2.96	1.889
N25	45	0.5	0.2	8	5503	1.6	1.830
N26	46	4	0.8	8	5489	3.08	1.816
N27	49	0.5	0.1	16	5656	2.84	1.991
N28	37	10	0.1	16	5646	9	1.981
N29	9	0.5	0.8	16	5603	2.84	1.936
N30	21	10	0.8	16	5627	13.07	1.961
N31	38	4	0.5	16	5633	6.17	1.967
N32	11	4	0.1	12	5585	6.78	1.917
N33	34	2	0.8	12	5559	5.3	1.889
N34	17	10	0.5	12	5601	10.61	1.933
N35	35	2	0.5	12	5563	5.3	1.893

N36	27	2	0.5	12	5623	3.45	1.957
N37	14	0.5	0.1	4	5453	2.71	1.778
N38	10	10	0.1	4	5464	8.76	1.789
N39	8	4	0.2	4	5276	3.82	1.592
N40	7	0.5	0.8	4	5306	2.71	1.623
N41	42	2	0.5	4	5427	1.97	1.751
N42	3	0.5	0.2	8	5125	1.85	1.433
N43	29	4	0.8	8	5563	5.06	1.893
N44	4	0.5	0.1	16	5548	4.32	1.878
N45	50	10	0.1	16	5685	10.48	2.022
N46	51	0.5	0.8	16	5632	2.71	1.966
N47	23	10	0.8	16	5680	9.62	2.016
N48	24	4	0.5	16	5665	6.04	2.001
N49	54	4	0.1	12	5644	7.77	1.979
N50	28	2	0.8	12	5594	6.29	1.926
N51	52	10	0.5	12	5667	15.79	2.003
N52	16	2	0.5	12	5583	5.55	1.914
N53	18	2	0.5	12	5548	4.93	1.878

Tabla N°1

Como podemos observar cada probeta tiene un nombre específico, así como un orden en el que se realizaron las pruebas correspondientes, cabe mencionar que dicho orden es aleatorio, tenemos los porcentajes de SOLIDRY, CONSOLID y la ENERGIA en número de golpes como se muestra en la Figura N°10:

Figura N°10 Porcentajes

INDICADORES	
% CONSOLID	0,1
	0,2
	0,5
	0,8
% SOLIDRY	0,5
	2,0
	4,0
	10,0
N° DE GOLPES	4
PROCTOR	8
MODIFICADO	12
	16

Estos porcentajes se fueron combinando entre todos los indicadores. El PESO lo obtuvimos mediante el pesaje de la muestra, como lo muestra la Figura N°11:

Figura N°11 Pesaje



Los datos de la RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE la obtuvimos mediante el ensayo como lo muestra la Figura N°12:

Figura N°12 Ensayo de Compresión Simple



Los datos de DENSIDAD los obtuvimos utilizando el método del cilindro metálico y por consiguiente con estos datos procederemos a realizar las pruebas correspondientes utilizando el complemento de Microsoft Excel llamado Real Statistics y poder comprobar nuestras hipótesis formuladas.

4.1.1. Estadística Descriptiva del Peso

DESCRIPTIVE STATISTICS (PESO)

Es una herramienta del complemento Real Statistics que se encarga de almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y para calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos obtenidos de las pruebas anteriores.

Así obtuvimos la mediana de los pesos, la desviación estándar y los valores máximos y mínimos de las distintas probetas como lo muestra la Tabla N°2:

Tabla N°2 Estadística Descriptiva del Peso

	Peso (g)
<u>Mean</u>	<u>5532.71698</u>
Standard Error	18.7331032
Median	5563
Mode	5623
<u>Standard Deviation</u>	<u>136.37905</u>
Maximum	5686
<u>Minimum</u>	<u>5065</u>

SHAPIRO-WILK TEST (PESO)

La prueba de SHAPIRO-WILK la realizamos para determinar si la distribución de las pruebas realizadas es normal o no, teniendo como nuestro nivel significancia Alpha 0.05 como se muestra en la Tabla N°3 que nos indica que la distribución no es normal.

Tabla N°3 Test Shapiro-Wilk

	Peso (g)
W-stat	0.85272172
<u>p-value</u>	<u>0.000011</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

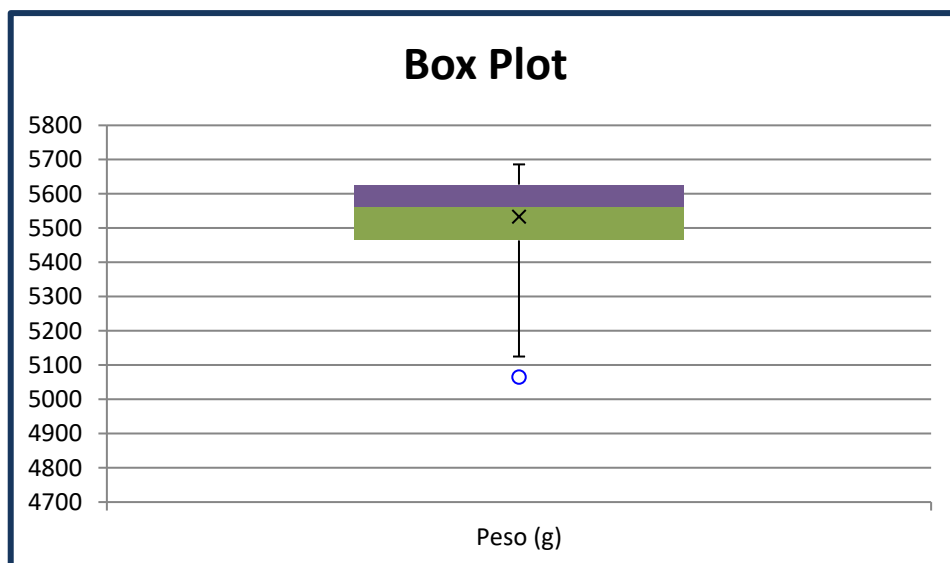
D'AGOSTINO-PEARSON (PESO)

La prueba de D'AGOSTINO-PEARSON al igual de la prueba de SHAPIRO-WILK nos ayuda determinar si la distribución es normal o no, teniendo como nuestro nivel de significancia Alpha 0.05 como se muestra en la Tabla N°4 que también nos indica que la distribución no es normal.

Tabla N°4 Test D'agostino-Pearson

DA-stat	22.1885925
<u>p-value</u>	<u>0.000015</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

El grafico de caja y bigote nos muestra a simple vista la mediana y los cuartiles de los datos obtenidos, pudiendo también apreciar los valores atípicos entre los datos recopilados como lo muestra la Figura N°13. Figura N°13 Caja y Bigote del Peso



4.1.2. Estadística Descriptiva de la Compresión Simple

DESCRIPTIVE STATISTICS (COMPRESIÓN SIMPLE)

Procederemos a hacer la estadística descriptiva de los datos recopilados del ensayo de Resistencia a la Compresión Simple como se muestra en la Tabla N°5.

Tabla N°5 Estadística Descriptiva

	Compresión simple (kg/cm2)
<u>Mean</u>	<u>5.44698113</u>
Standard Error	0.44075239
Median	4.32
Mode	2.71
<u>Standard Deviation</u>	<u>3.20872583</u>
Maximum	15.79
<u>Minimum</u>	<u>1.6</u>

Podemos apreciar que en este caso que para los datos obtenidos del ensayo de Resistencia a la Compresión Simple las pruebas de SHAPIRO-WILK y D'AGOSTINO-PEARSON nos indica que la distribución no es normal como lo muestra la Tabla N°6 y la Tabla N°7.

SHAPIRO-WILK TEST (COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla N°6 Test Shapiro-Wilk

	Compresión simple
W-stat	0.88357002
<u>p-value</u>	<u>0.000093</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

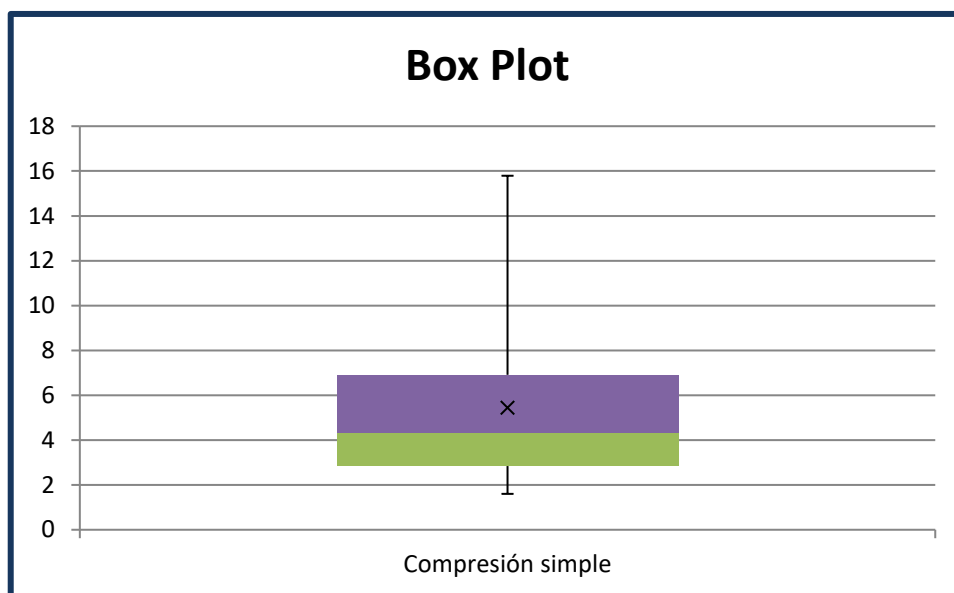
D'AGOSTINO-PEARSON (COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla N°7 Test D'agostino-Pearson

DA-stat	11.8992498
<u>p-value</u>	<u>0.002607</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

Esta grafica de caja y bigote nos muestra que hay un valor atípico entre los datos recolectados del ensayo de Resistencia a la Compresión Simple como lo muestra la Figura N°14 a continuación:

Figura N°14 Caja y Bigote



4.1.3. Estadística Descriptiva de la Densidad

DESCRIPTIVE STATISTICS (DENSIDAD)

La Tabla N°8 nos indica cual es la estadística descriptiva de los valores de densidad, determinando la media y los máximos y mínimos.

Tabla N°8 Estadística Descriptiva de la Densidad

	Densidad (kg/cm ³)
<u>Mean</u>	<u>1.862</u>
Standard Error	0.019684
Median	1.893
Mode	1.95651601
<u>Standard Deviation</u>	<u>0.14330172</u>
Maximum	2.023
<u>Minimum</u>	<u>1.370</u>

En este caso las pruebas de SHAPIRO-WILK y D'AGOSTINO-PEARSON nos indica que la distribución en este caso tampoco es normal como lo indica la Tabla N°9 y la Tabla N°10.

Cabe mencionar que, si bien es cierto que los valores de COMPRESIÓN SIMPLE, DENSIDAD Y PESO nos dio como resultado que no siguen una distribución normal, se puede decir que era de esperarse esto, ya que cada una de las 53 probetas han sido preparadas con diferentes dosificaciones de CONSOLID y SOLIDRY por lo tanto no iban a seguir una distribución normal.

SHAPIRO-WILK TEST (DENSIDAD)

Tabla N°9 Test Shapiro-Wilk

	Densidad (kg/cm ³)
W-stat	0.85272172
<u>p-value</u>	<u>0.000011</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

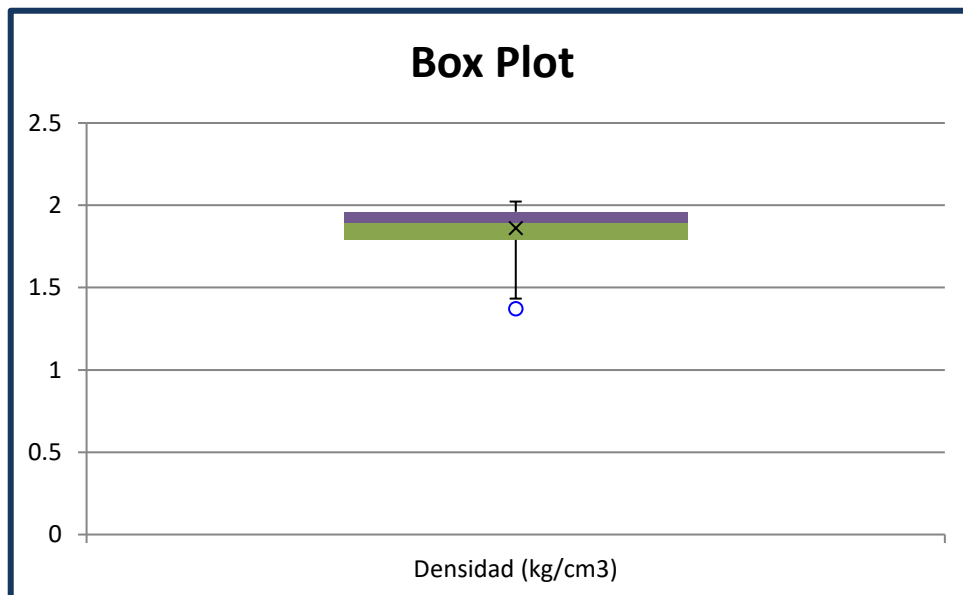
D'AGOSTINO-PEARSON (DENSIDAD)

Tabla N°10 Test D'agostino-Pearson

DA-stat	22.1885925
<u>p-value</u>	<u>0.000015</u>
alpha	0.05
<u>normal</u>	<u>no</u>

El grafico de caja y bigote en este caso nos indica que también tiene datos atípicos que se produjeron ya sea porque se han ensayado de forma diferente, algún error en el ensayo o en la toma de datos.

Figura N°15 Caja y Bigote de la Densidad



GRUBBS' TEST

El GRUBBS' TEST nos ayuda a determinar si nuestras mediciones de PESO, COMPRESIÓN SIMPLE Y DENSIDAD tienen valores atípicos, en este caso podemos apreciar que el PESO tiene 2 valores atípicos, la COMPRESIÓN SIMPLE

tiene solo 1 valor atípico y la DENSIDAD tiene 2 valores atípicos como nos indica la Tabla N°11 y la Tabla N°12.

Tabla N°11 Grubbs' Test

<u>alpha</u>	<u>0.05</u>
<u>outlier</u>	<u>5686</u>
G	1.46772624
G-crit	3.3613524
sig	no

OUTLIERS AND MISSING DATA

Además, es necesario realizar el GRUBBS' TEST ya que nos permite saber si ha habido errores en el ensayo, en la toma de datos o cualquier otro valor que se presente que sea sospechoso al estar lejos de la media.

Al realizar estas pruebas con el complemento Real Statistics pudimos identificar los datos atípicos que se presentaron en nuestras mediciones de PESO, COMPRESIÓN SIMPLE Y DENSIDAD, dicho esto podemos proceder a la eliminación de los datos atípicos para poder realizar las siguientes pruebas correspondientes de una forma segura.

Tabla N°12 Datos Atípicos

	Peso (g)	Compresión simple (kg/cm2)	Densidad (kg/cm3)
<u>mean</u>	<u>5532.71698</u>	<u>5.44698113</u>	<u>1.86165019</u>
stdev	136.37905	3.20872583	0.14330172
<u># outliers</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
# blank	0	0	0
# non-num	0	0	0

4.1.4. Análisis de Regresión

REGRESIÓN ANÁLISIS DE LA COMPRESIÓN SIMPLE

Debemos tener en cuenta que nuestro R cuadrado ajustado (Adjusted R Square) debe estar en un rango de 0.75 y 1.00 para que podamos considerar que todos nuestros resultados son confiables y que la prueba ha sido un éxito, dicho esto podemos apreciar en la Tabla N°13 que nuestro R cuadrado ajustado es 0.81 por lo tanto estamos dentro del rango.

Y podemos apreciar que en observaciones dice 50 ya que ese es el número de las pruebas a las que sometimos al ANÁLISIS DE REGRESIÓN después de eliminar los tres valores atípicos que determinamos mediante el GRUBBS' TEST

Tabla N°13 Análisis de Regresión

OVERALL FIT	
Multiple R	0.90736862
R Square	0.82331781
<u>Adjusted R Square</u>	<u>0.81179506</u>
Standard Error	1.24693372
<u>Observations</u>	<u>50</u>

La ecuación obtenida de las pruebas realizadas a los datos recolectados nos permite saber cuáles son los factores necesarios lo que llamamos significancia estadística que intervienen en la mejora de la Resistencia a la Compresión Simple y para ello necesitamos tener en cuenta que sus Valores P (P-value) deben ser menores al ALPHA 0.05 para que se pueda decir que tienen significancia estadística los cuales como podemos apreciar en la Tabla N°14 solo los cumplen:

- ✓ el componente SOLIDRY (%)
- ✓ ENERGIA (golpes)

Tabla N°14 Significancia Estadística

Alpha 0.05

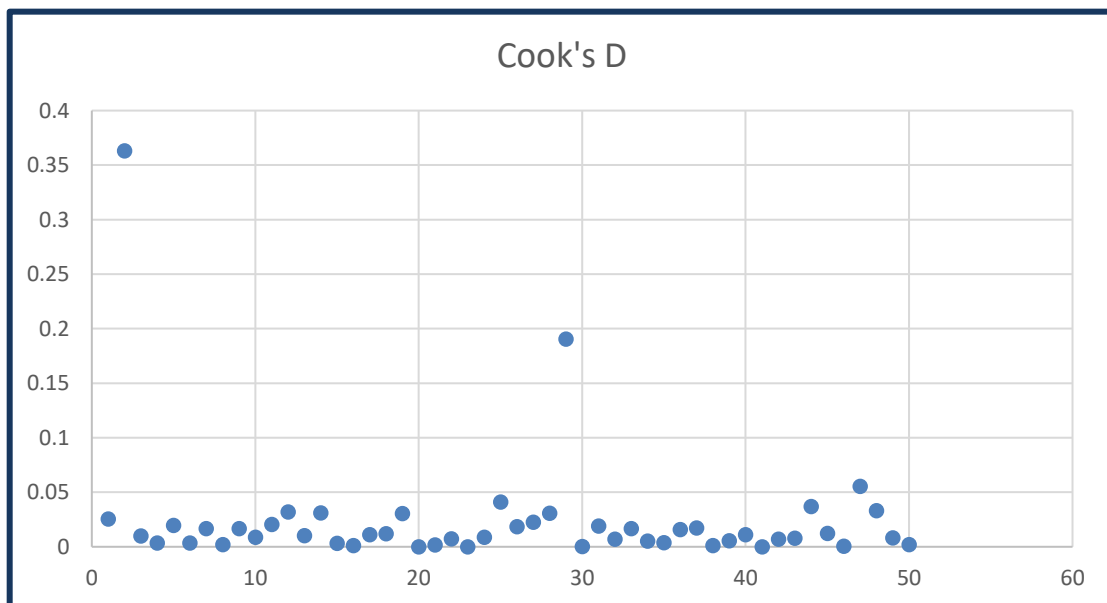
	coeff	std err	t stat	<u>p-value</u>	vif
Intercept	0.760	0.51050418	1.48832803	0.143488	
<u>Solidry (%)</u>	<u>0.650</u>	0.0479117	13.5595421	<u>0.000000</u>	1.00765476
Consolid (%)	0.559	0.60734267	0.91963442	0.362561	1.01176469
<u>Energía (golpes)</u>	<u>0.164</u>	0.0364096	4.49194213	<u>0.000047</u>	1.01384308

~~Resistencia a la Compresión = 0.760 + 0.650 Solidry + 0.559 Consolid + 0.164 Golpes~~

Ecuación resultante:

Resistencia a la Compresión = 0.650 Solidry + 0.164 Golpes

El diagrama de Cook nos permite apreciar que las pruebas realizadas respetan nuestra ecuación, salvo esos dos puntos alejados como nos muestra la Figura N°16 que nos indica que Figura N°16 Diagrama de Cook ue fueron ensayados de una manera diferente, hubo algún error en el ensayo o en la toma de datos, pero como tenemos un R cuadrado ajustado bastante alto, así que no es necesario eliminarlos ni prescindir de ellos.



REGRESIÓN ANÁLISIS DEL PESO

Realizaremos el análisis de regresión para los datos de PESO que como vemos en Observations son 50 que es el numero de muestras evaluadas y obtuvimos que nuestro R cuadrado ajustado (Adjusted R Square) nos dio como resultado 0.65 como se muestra en la Tabla N°15, al estar en el rango de 0.60 y 0.75 podemos decir que los resultados son aceptables.

Tabla N°15 Análisis de Regresión del Peso

OVERALL FIT	
Multiple R	0.8218361
R Square	0.67541457
<u>Adjusted R Square</u>	<u>0.65424595</u>
Standard Error	62.4751372
<u>Observations</u>	<u>50</u>

Para el caso del Peso los factores que intervienen en la ecuacion son aquellos Valores P (P value) que son menores al Alpha 0.05 como lo muestra la Tabla N°16 los cuales son:

- ✓ El factor INTERCEPT
- ✓ ENERGIA (golpes)

Tabla N°16 Valores con Significancia

Alpha 0.05

	coeff	std err	t stat	<u>p-value</u>	vif
<u>Intercept</u>	<u>5359.04549</u>	25.577798	209.519424	<u>0.000000</u>	
Solidry (%)	1.4413116	2.40052044	0.6004163	0.551176	1.00765476
Consolid (%)	5.38901065	30.4296981	0.17709708	0.860210	1.01176469
<u>Energía</u> <u>(golpes)</u>	<u>17.5870744</u>	1.82423065	9.64081732	<u>0.000000</u>	1.01384308

$$\text{Peso} = 5359.045 + \cancel{1.441} \text{ Solidry} + \cancel{5.389} \text{ Consolid} + 17.587 \text{ Golpes}$$

$$\text{Ecuación resultante: } 5359.045 + 17.587 \text{ Golpes}$$

REGRESIÓN ANÁLISIS DE LA DENSIDAD

El análisis de regresión para la densidad se aprecia en la Tabla N°17:

Tabla N°17 Análisis de Regresión de la Densidad

OVERALL FIT	
Multiple R	0.8218361
R Square	0.67541457
<u>Adjusted R Square</u>	<u>0.65424595</u>
Standard Error	0.06564641
<u>Observations</u>	<u>50</u>

Podemos apreciar en la Tabla N°18 que los factores que en este caso tienen significancia estadística son:

- ✓ El factor INTERCEPT
- ✓ ENERGIA (golpes)

Tabla N°18 Valores con Significancia

Alpha 0.05

	coeff	std err	t stat	<u>p-value</u>	vif
<u>Intercept</u>	<u>1.67916305</u>	0.02687614	62.477837	<u>0.000000</u>	
Solidry (%)	0.00151447	0.00252237	0.6004163	0.551176	1.00765476
Consolid (%)	0.00566256	0.03197432	0.17709708	0.860210	1.01176469
<u>Energía</u> <u>(golpes)</u>	<u>0.0184798</u>	0.00191683	9.64081732	<u>0.000000</u>	1.01384308

$$\text{Densidad} = 1.679 + 0.002 \text{ Solidry} + 0.006 \text{ Consolid} + 0.018 \text{ Golpes}$$

$$\text{Ecuación resultante: } 1.679 + 0.018 \text{ Golpes}$$

Después de realizar los distintos ensayos pudimos determinar los datos del esfuerzo máximo del suelo para soportar la resistencia a la compresión y por consiguiente obtuvimos los datos de cohesión del suelo como se muestra en la

Figura N°17, que viene a ser la mitad del esfuerzo máximo como muestra la ecuación:

$$\text{Cohesión (c)} = q/2$$

q = Esfuerzo máximo (kg / cm²)

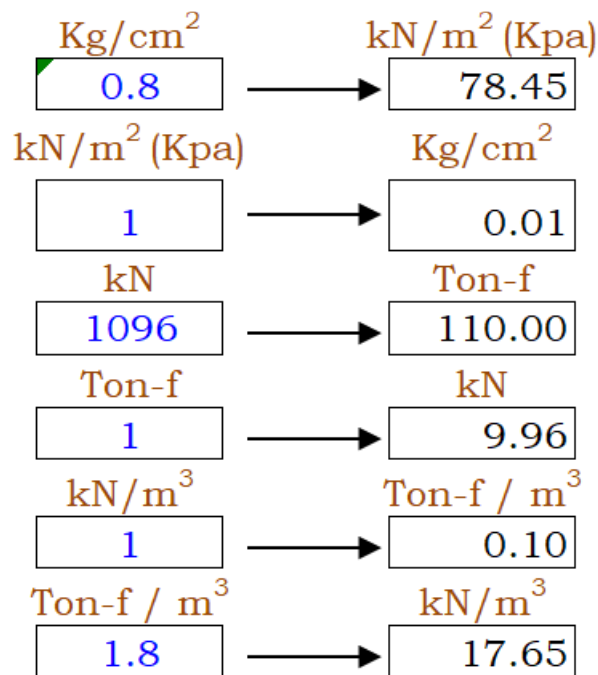
Figura N°17 Datos de la Cohesión

Nombre	Esfuerzo Máximo	Cohesión
N1	2.96	1.48
N2	4.32	2.16
N3	3.21	1.61
N4	2.59	1.30
N5	9.13	4.57
N7	3.08	1.54
N8	6.41	3.21
N9	3.45	1.73
N10	9.13	4.57
N11	3.45	1.73
N12	11.22	5.61
N13	4.32	2.16
N14	6.41	3.21
N15	2.71	1.36
N16	9.99	5.00
N17	3.82	1.91
N18	2.84	1.42
N19	2.59	1.30
N20	6.91	3.46
N21	4.19	2.10
N22	2.47	1.24
N23	7.89	3.95
N24	2.96	1.48
N25	1.6	0.80

N26	3.08	1.54
N27	2.84	1.42
N28	9	4.50
N29	2.84	1.42
N30	13.07	6.54
N31	6.17	3.09
N32	6.78	3.39
N33	5.3	2.65
N34	10.61	5.31
N35	5.3	2.65
N36	3.45	1.73
N37	2.71	1.36
N38	8.76	4.38
N39	3.82	1.91
N40	2.71	1.36
N41	1.97	0.99
N43	5.06	2.53
N44	4.32	2.16
N45	10.48	5.24
N46	2.71	1.36
N47	9.62	4.81
N48	6.04	3.02
N49	7.77	3.89
N50	6.29	3.15
N52	5.55	2.78
N53	4.93	2.47

Primero transformaremos los datos de Cohesión que estaban en Kg/cm² a KN/m² (kPa) como se muestra en la Figura N°18 para poder obtener los resultados de la hoja de cálculo.

Figura N°19 Conversor de Unidades



Utilizamos una hoja de cálculo Excel como muestra la Figura N°19 en la que podemos determinar la capacidad portante de cada probeta con distintas dosificaciones de CONSOLID, SOLIDRY y diferentes números de golpes de compactación realizados con el martillo Proctor, teniendo en cuenta los siguientes aspectos para la determinación de la capacidad portante de cimentaciones superficiales como lo muestra la Figura N°19:

- ✓ Unidades de Medida
- ✓ Información de la Cimentación
- ✓ Información del Suelo
- ✓ Factor de Seguridad

Figura N°19 Cimentaciones Superficiales

CAPACIDAD PORTANTE DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Métodos de Terzaghi y Vesic

Datos de entrada

+ Unidades de medida

(SI=sist. internacional; E=sist. inglés). SI

+ Información de la cimentación

Forma (SQ=cuadrada; CI=circular; CO=continua; RE=rectangular) SQ
 B (ancho de la cimentación) = 1.2 m
 L (largo de la cimentación) = m
 D (Profundidad de desplante) = 2.5 m

+ Soil Information

c (cohesión del suelo) = 65 kPa
 phi (ángulo de fricción interna del suelo) = 0 deg
 gamma (peso del suelo) = 14 kN/m³
 Dw (profundidad de la napa freática) = 2.5 m

+ Factor de seguridad

F = 3

Utilizamos los métodos de Terzaghi y de Vesic para poder obtener los resultados de la capacidad portante (kPa) y de la carga admisible en la columna (KN) como lo muestra la Figura N°20:

Figura N°20 Resultados

+ Resultados		
	Terzaghi	Vesic
Capacidad portante		
q ult =	517 kPa	613 kPa
q a =	172 kPa	204 kPa
Carga admisible en la columna		
P a =	248 kN	294 kN

En la Tabla N°21 podemos apreciar los datos de mejora de la capacidad portante de cada dosificación utilizando una hoja de cálculo Excel en la que nos da como resultado que la probeta de nombre N30 nos da una mejora de capacidad portante q_{ult} 4758 kPa y q_a 1586 kPa con una carga admisible en columnas de 2284 KN teniendo en cuenta que la capacidad portante del suelo natural es de q_{ult} 980 kPa y q_a 327 kPa con una carga admisible en columnas de 470 KN lo que nos indica que al añadirle una dosis de SOLIDRY de 10% el peso del suelo y una dosis de CONSOLID C444 de 0.8% en peso del suelo con una combinación de 16 golpes de energía de compactación, nos demuestra que la capacidad portante de este suelo limo-arenoso se cuadruplico.

Tabla N°21 Capacidad Portante

NOMBRE	TERZAGHI			VESIC		
	CAPACIDAD PORTANTE		Ca	CAPACIDAD PORTANTE		Ca
	q_{ult} (kPa)	q_a (kPa)	P_a (kN)	q_{ult} (kPa)	q_a (kPa)	P_a (kN)
PROBETA						
N1	1125	375	540	1344	448	645
N2	1634	545	784	1955	652	938
N3	1198	399	575	1431	477	687
N4	980	327	470	1170	390	561
N5	3378	1126	1621	4049	1350	1944
N7	1125	375	540	1344	448	645
N8	2360	787	1133	2828	943	1357
N9	1270	423	610	1519	506	729
N10	3378	1126	1621	4049	1350	1944
N11	1270	423	610	1519	506	729
N12	4104	1368	1970	4922	1641	2363
N13	1634	545	784	1955	652	938
N14	2360	787	1133	2828	943	1357
N15	1052	351	505	1257	419	603
N16	3668	1223	1761	4398	1466	2111

N17	1416	472	680	1693	564	813
N18	1052	351	505	1257	419	603
N19	980	327	470	1170	390	561
N20	2578	859	1238	3089	1030	1483
N21	1561	520	749	1868	623	896
N22	907	302	435	1082	361	519
N23	2869	956	1377	3438	1146	1650
N24	1125	375	540	1344	448	645
N25	616	205	296	733	244	352
N26	1125	375	540	1344	448	645
N27	1052	351	505	1257	419	603
N28	3305	1102	1586	3962	1321	1902
N29	1052	351	505	1257	419	603
N30	4758	1586	2284	5707	1902	2740
N31	2288	763	1098	2740	913	1315
N32	2506	835	1203	3002	1001	1441
N33	1997	666	959	2391	797	1148
N34	3886	1295	1865	4660	1553	2237
N35	1997	666	959	2391	797	1148
N36	1270	423	610	1519	506	729
N37	1052	351	505	1257	419	603
N38	3232	1077	1552	3875	1292	1860
N39	1416	472	680	1693	564	813
N40	1052	351	505	1257	419	603
N41	762	254	366	908	303	436
N43	1852	617	889	2217	739	1064
N44	1634	545	784	1955	652	938
N45	3814	1271	1831	4573	1524	2195
N46	1052	351	505	1257	419	603
N47	3523	1174	1691	4224	1408	2027
N48	2215	738	1063	2653	884	1273

N49	2869	956	1377	3438	1146	1650
N50	2288	763	1098	2740	913	1315
N52	2070	690	993	2479	826	1190
N53	1852	617	889	2217	739	1064

DISEÑO DE LA ZAPATA

Para nuestra investigación nos avocamos más al ámbito de los costos realizados por ese motivo tomamos como referencia los planos de cimentación de una construcción cerca a nuestro lugar de investigación y pudimos observar que la construcción posee un total de 12 zapatas aisladas como se muestra en la Figura N°21 y la Figura N°22:

Figura N°21 Plano de Cimentación

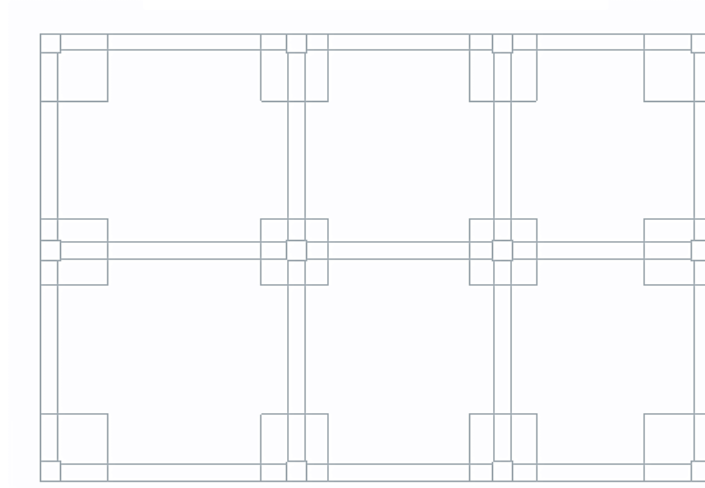
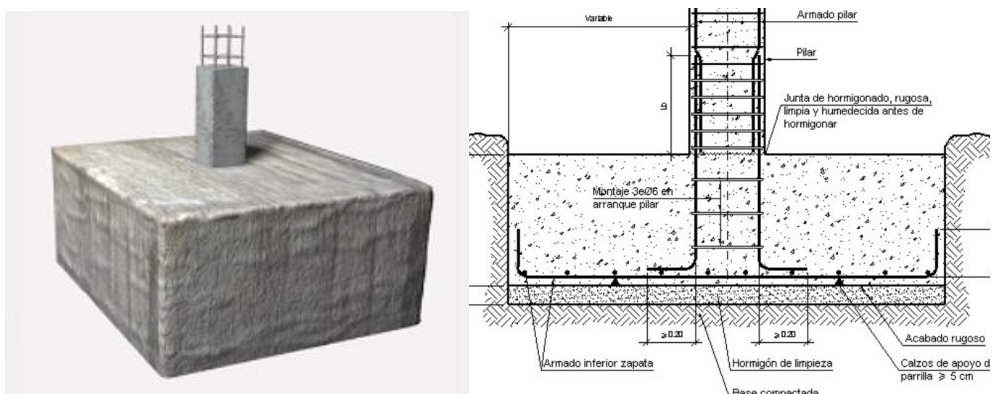


Figura N°22 Zapata Aislada



COSTOS DE LA ZAPATA

Consultamos respecto a los costos de la cimentación que se usaron en la construcción que tomamos como referencia, que en este caso fueron zapatas aisladas en esta oportunidad para poder obtener estos datos consultamos con algunos expertos que estuvieron involucrados en dicha construcción, y así es como pudimos obtener los datos de la construcción de las zapatas aisladas como muestra la Tabla N°22 a continuación:

Tabla N°22 Costo de la Zapata

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	COSTO	IMPORTE
ROCA	M3	1	60	60
VARILLA DE 5/8"	PZA	3	65	195
VARILLAS DE 1"	PZA	9	96	864
MADERA 1"x8"x4	PZA	8	12	96
EXCAVACION	UND	1	20	20
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	5	2	10
DIESEL	LT	1	4	4
ALAMBRE RECOCIDO	KG	5	2	10
CUADRILLA	JOR	3	80	240
CONCRETO DE Fc=250kg/cm2	M3	2	80	160
			TOTAL	1659

Y a continuación hicimos una estimación de costos con respecto a la influencia que se tendría al trabajar con un suelo estabilizado con Solidry, puesto que este suelo en su estado natural no es apto para la construcción de un edificio de 5 pisos, ya que este material limo-arenoso tendría que ser desechado a un botadero lo que genera grandes costos y luego realizar una excavación profunda para poder enrocar y hacer que el suelo sea más estable y resistente como se requiere para un edificio de tal magnitud, y la estimación de estos costos se muestran en la Tabla N°23:

Tabla N°22 Costos usando un Suelo Estabilizado

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	COSTO	IMPORTE
VARILLA DE 5/8"	PZA	1	65	65
VARILLAS DE 1"	PZA	9	96	864
MADERA 1"x8"x	PZA	8	4	32
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	4	4	16
EXCAVACIÓN	KG	1	20	20
DIESEL	LT	2	4	8
ALAMBRE RECOCIDO	KG	1	2	2
CUADRILLA	JOR	3	80	240
CONCRETO DE Fc=250kg/cm2	M3	2	80	160
SOLIDRY		30	1.7	51
				1458

Al hacer la comparación de estos costos pudimos obtener que, los costos sin usar el Solidry como estabilizador de suelos fueron una estimación de S/. 19,908.00 mientras que los costos al utilizar Solidry para estabilizar suelo fueron de S/. 17,496.00 lo que nos da como resultado que pudimos obtener un ahorro del 12%, y también pudimos notar que al estabilizar el suelo con Solidry ya no fue necesario el enrocado en la base de las zapatas y otro punto aun mas importante fue que el material que tendría que haber sido desechado fue utilizado, y como era un lugar de difícil acceso beneficio en gran medida a los costos de remoción de tierras.

5. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN 1

Con respecto a la tesis de Velasquez y Avalos en la que encontraron que el sistema CONSOLID mejora las propiedades del suelo hay que afirmar que efectivamente el SOLIDRY si mejora la cohesión del suelo, sin embargo a diferencia de dicha tesis el CONSOLID no muestra signos de significancia estadística de mejorar el suelo pues en las correlaciones halladas las dosis de CONSOLID no tienen una influencia significativa.

DISCUSIÓN 2

Respecto tambien del trabajo de Velasquez y Avalos en la que encuentran que los ladrillos fabricados pueden llegar a una resistencia a la compresión de 20kg/cm², hay que señalar que durante la presente tesis se ha descubierto que la resistencia a la compresión del suelo con aditivo SOLIDRY puede llegar a ser 5 veces la resistencia del suelo natural llegando incluso hasta 13kg/cm², hay que señalar además que se trata de un suelo limoso sin arcilla y sin grava que por lo general se desecha como desmonte en las construcciones.

DISCUSIÓN 3

Respecto del trabajo de Ccopa y Fernandez en el que aplicaron el sistema CONSOLID en una carretera y en el que encontraron que los porcentajes de CBR incrementaron además de la permeabilidad que se redujo, cabe señalar que en la presente tesis no se ha realizado ensayos de CBR en el suelo dado que el CBR es una medida indirecta de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo mientras que la resistencia a la compresión simple es una medida directa de la cohesión del suelo y de lo que se trataba era de hallar la mejoría en la cohesión que si interviene en la capacidad portante de los suelos.

DISCUSIÓN 4

Respecto del trabajo de Cornejo y Figueroa en la que probaron distintas dosificaciones tanto del polimero CONSOLID como del componente solido del

polimero llamado SOLIDRY llegaron a la conclusión de que los ladrillos pueden llegar a resistencias a la compresión simple de hasta 28kg/cm² con un suelo de tipo gravoso con arcilla medido a los 28 días de edad, sin embargo para la presente tesis solo se han utilizado un suelo limo-arenoso sin arcilla y con trazas de diatomita el cual lo hace en condiciones normales un suelo no apto para construir sin embargo el sistema CONSOLID ha multiplicado su cohesión, cabe señalar que en esta investigación se ha medido la resistencia a la compresión simple a los 14 días.

6. CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN 1

Se ha logrado determinar el efecto de la aplicación de un estabilizante de emulsión invertida cuyo nombre comercial es sistema CONSOLID, en la capacidad portante de un suelo limo arenoso de la zona de San Sebastián determinándose que la cohesión puede alcanzar valores de hasta 6.5kg/cm² con una dosis de SOLIDRY de 10% el peso del suelo y una dosis de CONSOLID de 0.8% en peso seco del suelo, teniéndose en cuenta que se logró llegar a una resistencia a la compresión simple de 13.07kg/cm² con 16 golpes de energía de compactación.

CONCLUSIÓN 2

La energía de compactación también juega un papel importante durante la aplicación del polímero puesto que cada golpe de martillo Proctor que es aproximadamente 56000KNm/m² es capaz de hacer subir la resistencia a la compresión en 0.164kg/cm², sin embargo el componente SOLIDRY resulta más eficiente dado que aumentarle 1% de SOLIDRY al suelo eleva su resistencia a la compresión en 0.65kg/cm² es decir 4 veces el efecto de energía de compactación.

En otras palabras, si se quiere lograr una mejor resistencia a la compresión y por lo tanto una mejor cohesión del suelo limo-arenoso si apelamos por la energía de compactación solamente tendremos una mejora limitada, pero aplicando el componente SOLIDRY tendremos una mejora multiplicada de la cohesión.

CONCLUSIÓN 3

El resultado de aplicar el conocimiento del efecto del estabilizante de la emulsión invertida en el diseño de la cimentación de un edificio de 5 pisos es que se puede incrementar la capacidad portante del suelo multiplicando su cohesión a través del sistema CONSOLID, lo cual da como resultado que la capacidad portante prácticamente pueda multiplicarse hasta por 4.

Al aplicar los resultados del efecto del estabilizante llamado Sistema CONSOLID se observó que en la construcción de un edificio de 5 pisos tuvo de impacto de ahorro del 12% del costo de la estructura de la cimentación.

7. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN 1

Tomar los resultados de la presente investigación para la mejora de los suelos en la zona de San Sebastián, que en lugar de estar buscando botaderos para ese suelo puedan aprovecharlo como suelo de fundación con una mínima inclusión en el suelo del componente SOLIDRY.

RECOMENDACIÓN 2

Se recomienda que otros investigadores puedan comparar los presentes resultados con otras investigaciones que utilicen tipo de polímeros para ver su efectividad.

RECOMENDACIÓN 3

Se recomienda otras líneas de investigación con polímeros naturales como pueden ser mucilago de especies vegetales de la zona o también los estudios con fibras vegetales procesadas como una manera de reforzar el suelo limo-arenoso.

RECOMENDACIÓN 4

Se recomienda realizar investigaciones con otros tipos de suelos que se encuentren presentes en otros lugares del distrito de San Sebastián, y también puede evaluarse en otros distritos de la ciudad del Cusco para poder entender mejor los distintos comportamientos del sistema CONSOLID.

REFERENCIAS

- ❖ Consolid Productos Viales, S. (2011). Presentación del Sistema CONSOLID. Presentación del Sistema CONSOLID, 2011, 9.
- ❖ Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 2: Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005.
- ❖ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra, 1995.
- ❖ Aguirre, J., & Prado, M. 2012. Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema Consolid. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6424>
- ❖ Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2214>
- ❖ Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería de tierra cruda de los distritos: San Sebastián y Santiago, estabilizados con sistema CONSOLID, Cusco 2018
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2271>
- ❖ Estabilización de Suelos, Víctor Yepes Piqueras Universidad Politécnica de Valencia
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>
- ❖ Evaluation Of Consolid Soil Stabilization System, Larry D. Madrid, PE, D.GE, F.ASCE President, Madrid Engineering Group, Inc.
- ❖ Evaluation of the Consolid System of Soil. Stabilization, Project No. MLR-86-10, Highway Division
- ❖ Principios de Ingeniería de Cimentaciones Cuarta Edición, Braja M. Das California State University, Sacramento.
<https://www.udocz.com/pe/read/65569/principios-de-ingenieria-de-cimentaciones-4ta-edicion-braja-m-das>

- ❖ Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el Sistema Consolid en la Carretera Ollantaytambo en el tramo 0+000 – 1+000. distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, Región Cusco, 2018
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2110>
- ❖ Definición de suelos limo-arenosos
<https://www.lifeder.com/suelo-limoso/>
- ❖ Ensayo de Compresión Simple
<https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-compresion-simple/>
- ❖ Norma E. 050 Lima – Perú: El Peruano
- ❖ Norma E. 080 Lima – Perú: El Peruano
- ❖ Ensayo de resistencia de compresión (ASTM C-39).

ANEXOS

EXTRACCIÓN DE LA TIERRA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DE TIERRA

Reconocimiento del Terreno



Excavación de las Calicatas



Medición de las Calicatas



Extracción del Material

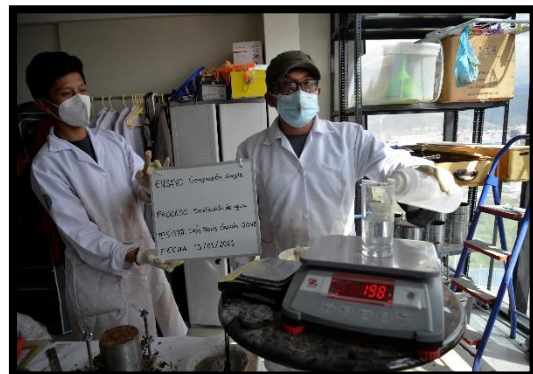


ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DE TIERRA ESTABILIZADAS CON EL SISTEMA CONSOLID

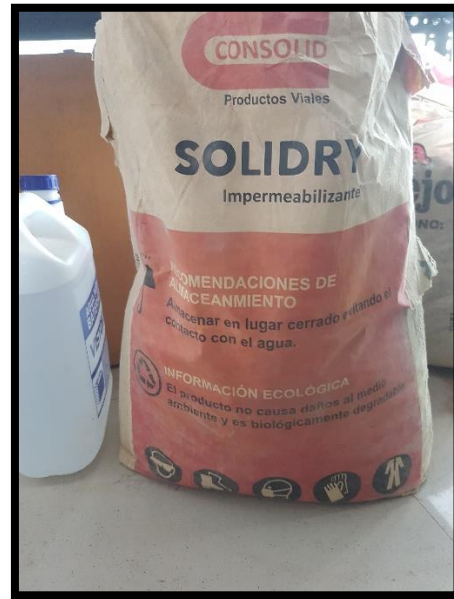
Dosificación del Suelo



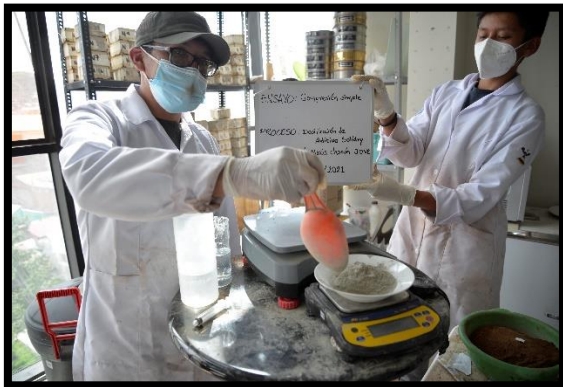
Dosificación del Agua



Componente SOLIDRY



Dosificación del Componente SOLIDRY



Dosificación de Componente CONSOLID



Mezclado de los Componentes



Frotar con Vaselina el Proctor



Colocación de la Mezcla al Proctor



Limpeza y Engrasado del Martillo Proctor



Compactación con el Martillo Proctor



Enrasado de la Probeta de Tierra



Pesaje de la Probeta



Eyección de la Probeta de Suelo Estabilizado

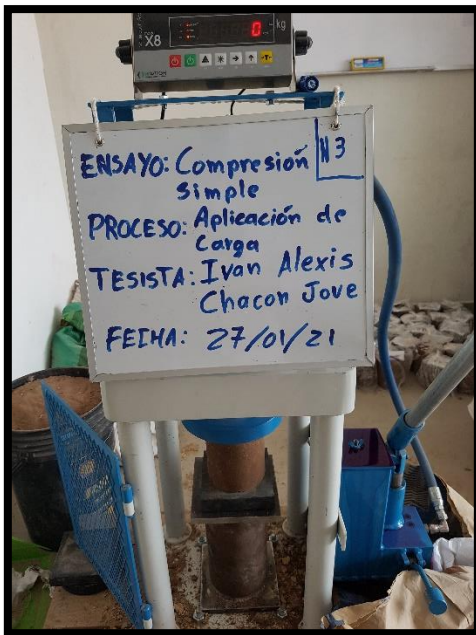


Almacenamiento de la Probeta de Suelo Estabilizado



REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

Colocación de la Probeta



Ensayo de Compresión Simple



INFORME TÉCNICO DEL SISTEMA CONSOLID

1. Descripción

El Sistema de impermeabilización y estabilización química de suelos CONSOLID está formado por dos productos: un polvo granulado de nombre comercial SOLIDRY, y un líquido semiviscoso de nombre comercial CONSOLID 444. El sistema impermeabiliza los suelos tratados, así como aumenta la capacidad portante de los mismos.

La aplicación del CONSOLID 444 permite una aglomeración de las partículas finas, y de este modo una reducción de la superficie activa del suelo; se destruye la película de agua adherida en la medida de lo posible, activando así el poder de unión propio del suelo. Un tratamiento posterior con SOLIDRY permite una estabilización precisa de acuerdo a los requerimientos del lugar de construcción.

2. Componentes

2.1 SOLIDRY CONCENTRADO

Polvo granulado formado por la mezcla de catalizadores e intercambiadores iónicos.

Tabla N°1 Características Químicas del SOLIDRY CONCENTRADO

Compuesto	%
Alquilamina grasa	25 - 100
Ester di-alquílico de trietanolamonio metil sulfato	25 - 100
2 Propanol	5 - 10

Tabla N°2 Características Técnicas del SOLIDRY CONCENTRADO

Características Técnicas	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	Sólido
Color	-	Amarillento
Olor	-	Similar a las aminas
Valor PH	-	9-10
Punto de fusión	°C	50-52
Punto de inflamación en copa cerrada	°C	>170
Densidad (75°C)	gr/m ³	0.858
Viscosidad dinámica (75°C)	mPa	<100
Solubilidad en agua (20°C)	-	Insoluble
Solubilidad en Isopropanol (55°C)	g/l	50

2.2. CONSOLID 444 CONCENTRADO

Líquido semi viscoso, formado por la mezcla de monómeros y polímeros catalizadores, aceleradores de la penetración.

Tabla N°3 Características Técnicas del CONSOLID 444 CONCENTRADO

Compuesto	%
Compuesto de amonio cuaternario	25-50
Amina grasa	10-25
Ácido fórmico	2.5-10
Otras aminas y grasas	2.5-10
Xileno alcalino	2.5

Tabla N°4 Características Técnicas del CONSOLID 444 CONCENTRADO

Características	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	líquido
Color	-	amarillo
Olor	-	característico
Punto de inflamación	°C	41
Presión a vapor a 20°C	hPa	23
Densidad	gr/cm ³	0.98-1.00
Solubilidad en agua	-	completa
Valor (100g/l) a 20°C	-	4.5-5

3. Datos de Fabricación

Los productos que componen el Sistema se fabrican a partir de productos concentrados manufacturados y embarcados desde BUSSETTI & Co. GesmbH, Austria (CONSOLID) y desde KAO CORPORATION S.A., España (SOLIDRY) a sus distribuidores autorizados en el mundo, para a partir de ellos obtener los productos finales del sistema. BUSSETTI & Co. GesmbH presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de auxiliares químicos industriales con número de registro 01530138 otorgado por el cuerpo de certificación TUV.

KAO CORPORATION SA, presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de agentes tensoactivos otorgado por AENOR con número de registro ER-0228/1995, renovado en el 2006.

4. Suelos Tratables con el Sistema CONSOLID

En principio, todo tipo de suelos cohesivos o semi-cohesivos pueden ser tratados con el Sistema CONSOLID y modificados hasta el punto deseado. El grado de estabilización lo determina Vd. de acuerdo a los requerimientos de la construcción.

Todo tipo de suelos cohesivos pueden ser tratados con el Sistema CONSOLID. La experiencia en muchos países y con muchos tipos de suelos (desde buenos a muy malos) y en condiciones diferentes confirman que la estabilización se puede conseguir a través del tratamiento con el Sistema CONSOLID.



INFORME TECNICO ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS

PROYECTO : "Determinación del efecto del estabilizante Consolid, para mejorar la capacidad portante del suelo limo-arenoso, para cimentaciones superficiales, San Sebastián, Cusco 2021"

SOLICITANTE : BACH. IVAN ALEXIS CHACON JOVE"

RESPONSABLE : MAGS HARSSON YUCRA HURTADO
INGENIERO CIVIL
CIP 197613

UBICACIÓN : Dirección : A.P.V. Praderas del Inca
Distrito : San Sebastian.
Provincia : San Sebastian.
Departamento : Cusco.
Región : Cusco.

FECHA : Enero del 2021.

1. INTRODUCCIÓN

Ensayo de Rotura:

El ensayo consiste en la rotura de probetas cilíndricas de hormigón a solicitud de compresión utilizando los medios y la metodología que se indica seguidamente. Para poder llevar a cabo el ensayo hay que disponer de una máquina dotada de regulación de cargas que permita aumentarlas de forma continua y sin saltos bruscos. Además, la máquina dispondrá de dos platos de acero, planos y rectificadas, con una dureza, en el plano de contacto.

Ensayo de Contenido de Humedad:

En mecánica de Suelos se conoce como Contenido de Agua o Humedad del Suelo a la relación entre el peso del agua contenida en el mismo y el peso de la fase sólida expresado en %. Se realiza el ensayo con fines de determinar la variación de la humedad en el terreno y densidad aparente en el suelo.

De acuerdo a la Norma NTP 339.127 (ASTM D-2216).

2. OBJETIVOS:

- Determinar la densidad en relación con el porcentaje de humedad.
- Realizar y Analizar los resultados de la rotura de probetas cilíndricas.

3. UBICACIÓN

El área escogida para la realización del ensayo de percolación se encuentra ubicada en:

- ❖ Departamento del Cusco
- ❖ Provincia de Cusco
- ❖ Distrito de San Sebastián



4. PROCEDIMIENTO:

ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS.

Para proceder y cumplir con la rotura de probetas. Los platos tendrán un espesor suficiente para garantizar que no se deformen durante el ensayo. El espesor mínimo se establece en 25 mm.

El plato superior estará sobre una rótula esférica que permita efectuar giros de al menos 4° en el entorno del eje vertical y de cualquier valor en el eje horizontal. El centro de la esfera de la rótula ha de coincidir con el centro de la superficie de apoyo del plato superior sobre la probeta y, a la vez, coincidir con el centro del plato inferior.

La lectura de cargas hay que realizarse con una precisión mínima del 1% del resultado del ensayo.

El sistema de lectura tiene que disponer de un indicador de la carga máxima a la que se ha llegado.

La máquina estará calibrada e identificada como clase 1 cuando la precisión sea mayor del 1%, entre el 10 y el 90% de la escala de medida utilizada, o clase 2, cuando la precisión sea mayor del 2 %.

La probeta se coloca de forma muy cuidadosa en el plato inferior centrándola con ayuda de las marcas de referencia. Acto seguido se aproximan los platos de la prensa de forma que el superior se coloque perfectamente en la cara superior de la probeta sin atribuirle carga a ésta.

A continuación, se aplicará la carga de forma continua y sin choques bruscos, de manera que el aumento de tensión medio sobre la probeta sea de $5 \pm 2 \text{ kgf/cm}^2/\text{s}$. En estas condiciones se sigue aplicando carga hasta que la probeta deforme rápidamente. Se anotará la carga máxima obtenida en el momento de rotura.

Para los contenidos de humedad que se determina de acuerdo a lo siguiente:
Determinar y registrar el peso de la tara limpia.
Seleccionar la cantidad necesaria en la tara antes pesada.
Colocar el espécimen húmedo en la tara colocar la tapa asegurada en su posición.
Determinar el peso de la tara más el material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen.
Registrar este valor.

5. RESULTADOS

De la Inspección en campo se puede verificar que la zona definida por el solicitante, se localiza en la localidad de San Sebastián- Cusco, compuesta por arenas limosas, arenas arcillosas; pertenecientes a los depósitos y terrazas sedimentarios generados de la formación San Sebastián y Formación Kayra.

CUADRO RESUMEN

ENSAYOS					ROTURA DE PROBETAS		CONT.HUM-DENSIDAD
Nombre	Orden	Solidry	Conslid	Energía	Peso (g)	Compresión simple2	Densidad (kg/cm3)
N1	22	0.5	0.1	4	5546	2.96	1.876
N2	5	10	0.1	4	5345	4.32	1.664
N3	2	4	0.2	4	5334	3.21	1.653
N4	39	0.5	0.8	4	5486	2.59	1.813
N5	20	10	0.8	4	5437	9.13	1.761
N6	1	2	0.5	4	5065	2.22	1.370
N7	26	0.5	0.2	8	5623	3.08	1.957
N8	32	4	0.8	8	5539	6.41	1.868
N9	31	0.5	0.1	16	5615	3.45	1.948
N10	40	10	0.1	16	5643	9.13	1.978
N11	33	0.5	0.8	16	5588	3.45	1.920
N12	12	10	0.8	16	5664	11.22	2.000
N13	43	4	0.5	16	5609	4.32	1.942
N14	48	4	0.1	12	5686	6.41	2.023
N15	44	2	0.8	12	5558	2.71	1.888
N16	36	10	0.5	12	5627	9.99	1.961
N17	13	2	0.5	12	5591	3.82	1.923
N18	47	2	0.5	12	5622	2.84	1.955
N19	30	0.5	0.1	4	5414	2.59	1.737
N20	15	10	0.1	4	5455	6.91	1.780
N21	6	4	0.2	4	5310	4.19	1.628
N22	41	0.5	0.8	4	5457	2.47	1.782
N23	53	10	0.8	4	5513	7.89	1.841
N24	25	2	0.5	4	5559	2.96	1.889
N25	45	0.5	0.2	8	5503	1.6	1.830
N26	46	4	0.8	8	5489	3.08	1.816
N27	49	0.5	0.1	16	5656	2.84	1.991
N28	37	10	0.1	16	5646	9	1.981
N29	9	0.5	0.8	16	5603	2.84	1.936
N30	21	10	0.8	16	5627	13.07	1.961
N31	38	4	0.5	16	5633	6.17	1.967
N32	11	4	0.1	12	5585	6.78	1.917

N33	34	2	0.8	12	5559	5.3	1.889
N34	17	10	0.5	12	5601	10.61	1.933
N35	35	2	0.5	12	5563	5.3	1.893
N36	27	2	0.5	12	5623	3.45	1.957
N37	14	0.5	0.1	4	5453	2.71	1.778
N38	10	10	0.1	4	5464	8.76	1.789
N39	8	4	0.2	4	5276	3.82	1.592
N40	7	0.5	0.8	4	5306	2.71	1.623
N42	42	2	0.5	4	5427	1.97	1.751
N43	3	0.5	0.2	8	5125	1.85	1.433
N44	29	4	0.8	8	5563	5.06	1.893
N45	4	0.5	0.1	16	5548	4.32	1.878
N46	50	10	0.1	16	5685	10.48	2.022
N47	51	0.5	0.8	16	5632	2.71	1.966
N48	23	10	0.8	16	5680	9.62	2.016
N49	24	4	0.5	16	5665	6.04	2.001
N50	54	4	0.1	12	5644	7.77	1.979
N51	28	2	0.8	12	5594	6.29	1.926
N52	52	10	0.5	12	5667	15.79	2.003
N53	16	2	0.5	12	5583	5.55	1.914
N54	18	2	0.5	12	5548	4.93	1.878

6. CONCLUSIONES.

- los datos de rotura de probetas se encuentran entre los valores 1.26 a 15.79.
- las densidades obtenidas a partir de las humedades del ensayo de contenido de humedad se encuentran entre los valores 1.370 a 2.016 (kg/cm³).

ANEXO
FOTOGRAFÍA

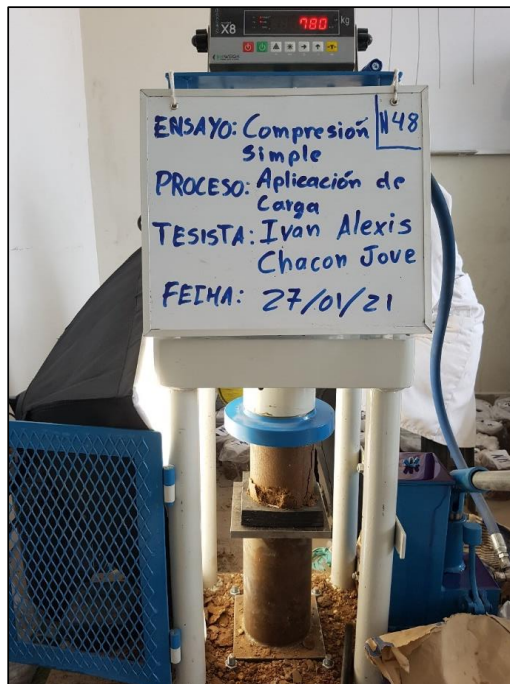
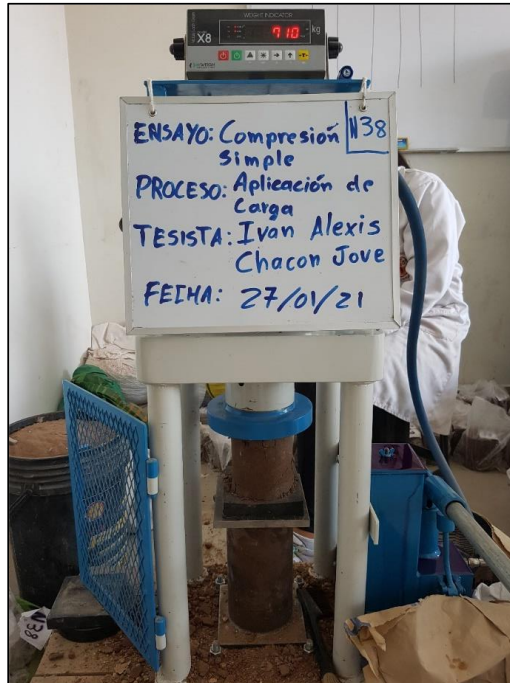


FOTO: Rotura de probetas cilíndricas.

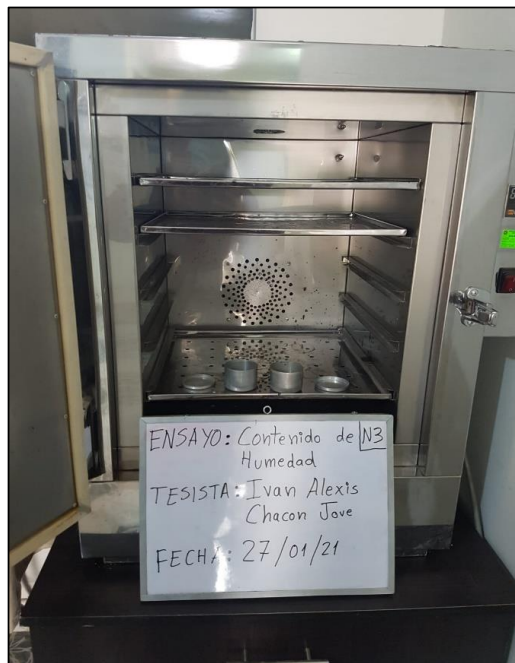
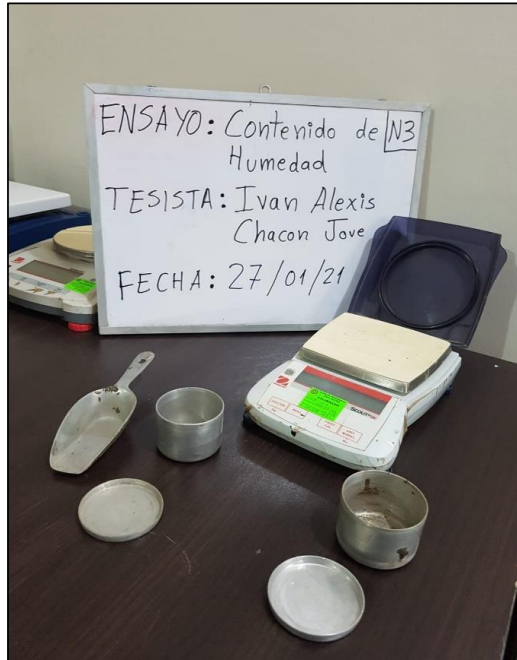


FOTO: contenido de humedad



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 461 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : T 221-2019
Fecha de Emisión : 27-10-2019

1. Solicitante : REPRESENTACIONES MELING E.I.R.L.
RUC : 20600749715

2. Instrumento de Medición : BALANZA
Marca : OHAUS
Modelo : NV422
Número de serie : 8339465858
Alcance de Indicación : 420 g
Division de Escala de Verificación (e) : 0,1 g
Division de Escala Real (d) : 0,01 g
Procedencia : USA
Identificación : NO INDICA
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 27-10-2019

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III Y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L
CAL. CELESTINA AVILA GODOY N°933 (URB. SAN GERMAN)
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

☎ 01 323 9468
☎ 938 385 327 / 980 668 072 / 927 526 207
☎ Calle Celestino Ávila Godoy 933 Urb. El Rosario
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com



5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,4 °C	20,5 °C
Humedad Relativa	62%	62%

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patron utilizado	Certificado de Calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p) para esta balanza corresponden a los e.m.p para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

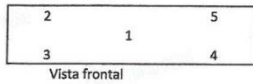
8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 150,0 g			Carga L2 = 300,0 g		
	I (g)	L (g)	E (g)	I (g)	L (g)	E (g)
1	300,00	6	-1	600,0	8	-0,18
2	300,00	9	-4	600,0	9	-0,03
3	300,00	8	-3	600,0	8	-0,01
4	300,01	4	11	600,0	9	-0,04
5	300,00	8	-3	600,0	74	-0,10
6	300,0	9	-4	600,0	8	-0,09
7	300,01	5	10	600,0	9	-0,03
8	300,01	4	11	600,0	3	-0,01
9	300,00	8	-3	600,0	0,08	-0,03
10	300,00	9	-4	600,0	0,08	-0,03
Diferencia Máxima			15			16
Error max permitido ±	200,0 mg			± 300 mg		

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Temp. (°C)			Determinación del error corregido				Ec (g)
		Inicial		Final	Carga (g)	I (g)	L (g)	E (g)	
		20,4	20,4	20,4					
Determinación de E ₂									
1	0,10	0,10	6	-1	120,00	119,99	8	-13	-12
2		0,10	5	0		119,99	5	-10	-10
3		0,10	8	-3		120,00	6	-1	2
4		0,10	8	-3		120,01	4	1	14
5		0,10	6	-1		119,98	5	-24	-3

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 200,0 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Temp. (°C)				emp (**)			
	CRECIENTES		DECRECIENTES					
I (g)	L (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	L (g)	E (g)	Ec (g)	±(g)
0,10	0,10	6	-1	0,20	8	-3	-2	100
0,20	0,20	5	0	2,00	5	0	1	100
2,00	2,00	9	-4	10,00	8	-3	-2	100
10,00	10,00	8	-3	20,00	7	-2	-1	100
20,00	20,00	7	-2	50,00	8	-2	-2	100
50,00	50,00	8	-3	100,00	9	-4	-2	100
100,00	100,00	5	0	200,00	8	-3	-2	200
200,00	200,01	4	11	300,00	4	11	12	200
300,00	300,01	9	-4	400,00	5	10	11	200
400,00	400,01	3	12	600,00	6	-1	0	300
600,00	600,00	6	-1					

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000269 \times R$$

$$U_R = \sqrt{0,0000836 \times g^2 + 0,0000000671 \times R^2}$$

R: Lectura de Balanza Δ L: Carga Incrementada E: Error Encontrado E₀: Error en Cero E_c: Error Corregido

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02





Determinación del efecto del estabilizante Consolid, para mejorar la capacidad portante del suelo limo-arenoso, para cimentaciones superficiales, San Sebastián, Cusco 2021



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT -387-2019

Página : 1 de 4

Expediente : 221-2019
Fecha de emisión : 28/10/2019
1. Solicitante : REPRESENTACIONES MELING E.I.R.L.
Ruc : 20600749715

El instrumento de medición con el modelo y el número de serie abajo indicados ha sido calibrado ,probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumentos de Medición : ESTUFA
Indicación : DIGITAL
Marca del Equipo : RUMISTONE
Modelo del Equipo : NO INDICA
Capacidad del Equipo : 80 L
Marca del indicador : AUTONICS
Modelo de indicador :
Temperatura Calibrada : 110 °C
Código de identificación : H-01

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Presición S.A.C no se responsabiliza de los prejuicios que pue, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. fecha de Calibración

27/10/2019

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del servicio Nacional de Metrología del Indecopi.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CARTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL -DM
TERMÓMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0747 - 2017	INACAL -DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,8	22,9
Humedad %	72	72

7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

☎ 01 323 9468
☎ 938 385 327 / 980 668 072 / 927 526 207
☑ Calle Celestino Ávila Godoy 933 Urb. El Rosario
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com





Determinación del efecto del estabilizante Consolid, para mejorar la capacidad portante del suelo limo-arenoso, para cimentaciones superficiales, San Sebastián, Cusco 2021



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT -387-2019

Página : 2 de 4

CALIBRACION PARA 110°C

Tiempo (min)	Ind (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS DOS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTmax. - Tmin (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	108,5	109,1	108,2	108,4	109,0	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	1,9
2	110,0	108,4	109,2	108,3	108,5	109,0	107,4	109,2	109,3	107,8	108,3	108,5	1,9
4	110,0	108,5	109,1	108,2	108,3	109,1	107,2	109,3	109,5	107,8	108,2	108,5	2,3
6	109,9	108,5	109,2	108,2	108,5	109,2	107,3	109,2	109,3	107,3	108,2	108,5	2,0
8	110,0	108,3	109,5	108,1	108,4	109,3	107,2	109,3	109,2	107,6	108,2	108,5	2,3
10	110,0	108,6	109,3	108,3	108,2	109,2	107,2	109,2	109,3	107,9	108,2	108,5	2,1
12	109,6	108,5	109,6	108,2	108,6	109,3	107,5	109,1	109,2	107,8	108,3	108,6	2,1
14	110,0	108,4	109,5	108,2	108,3	109,2	107,2	109,2	109,3	107,7	108,2	108,5	2,3
16	110,0	108,5	109,4	108,5	108,2	109,1	107,3	109,3	109,2	107,8	108,1	108,5	2,1
18	109,7	108,5	109,6	108,2	108,5	109,2	107,2	109,5	109,2	107,9	108,2	108,6	2,4
20	110,0	108,5	109,5	108,3	108,4	109,3	107,4	109,3	109,3	107,5	108,3	108,6	2,1
22	109,60	108,4	109,2	108,2	108,5	109,3	107,2	109,2	109,1	107,8	108,2	108,5	2,1
24	110,0	108,2	109,2	108,4	108,2	109,2	107,5	109,3	109,2	107,5	108,2	108,5	1,8
26	110,0	108,6	109,2	108,2	108,2	109,3	107,3	109,3	109,3	107,6	108,3	108,5	2,0
28	109,5	108,5	109,2	108,3	108,3	109,1	107,2	109,2	109,2	107,8	108,2	108,5	2,0
30	110,0	108,5		108,1	108,1	109,2	107,2	109,3	109,3	107,9	108,4	108,5	2,1
32	109,5	108,4	109,2	108,3	108,0	109,3	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	2,0
34	110,0	108,6	109,1	108,3	108,0	109,2	107,2	109,4	109,3	107,0	108,3	108,4	2,4
36	109,8	108,5	109,3	108,2	108,2	109,3	107,4	109,1	109,2	107,8	108,2	108,5	1,9
38	110,0	108,5	109,2	108,4	108,3	109,3	107,5	109,2	109,2	107,6	108,3	108,6	1,8
40	110,0	108,8	109,5	108,2	108,2	109,3	107,2	109,3	109,3	107,8	108,2	108,6	2,3
42	109,9	108,5	109,3	108,3	108,0	109,2	107,1	109,2	109,0	107,6	108,4	108,5	2,2
44	109,8	108,6	109,2	108,2	108,3	109,3	107,0	109,3	109,0	107,9	108,2	108,5	2,3
46	110,0	108,4	109,3	108,3	108,6	109,6	107,0	109,2	109,2	107,7	108,3	108,6	2,6
48	110,0	108,5	109,2	108,2	108,2	109,2	107,2	109,3	109,1	107,8	108,2	108,5	2,1
50	109,6	108,6	109,1	108,3	108,1	109,5	107,3	109,1	109,3	107,6	108,0	108,5	2,2
52	110,0	108,5	109,2	108,2	108,2	109,3	107,2	109,2	109,2	107,8	108,3	108,5	2,1
54	110,0	108,5	109,3	108,3	108,3	109,4	107,3	109,3	109,3	107,6	108,1	108,5	2,1
56	110,0	108,6	109,2	108,2	108,3	109,2	107,2	109,2	109,1	107,8	108,1	108,5	2,0
58	110,0	108,3	109,3	108,5	108,2	109,6	107,3	109,3	109,2	107,6	108,3	108,6	2,3
60	110,0	108,4	109,2	108,4	108,3	109,3	107,2	109,2	109,3	107,7	108,4	108,5	2,1
T. PROM	109,9	108,5	109,3	108,3	108,3	109,3	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	
T. MAX	110,0	108,8	109,6	108,5	108,6	109,6	107,5	109,5	109,5	107,9	108,4		
T. MIN	109,5	108,2	109,1	108,1	108,0	109,0	107,0	109,1	109,9	107,0	108,0		
DTT	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,9	0,4		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	109,6	0,4
Mínima Temperatura Medida	107,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,0	0,3
Estabilidad Media (+ 0 -)	0,45	0,02
Uniformidad Media	2,6	0,1

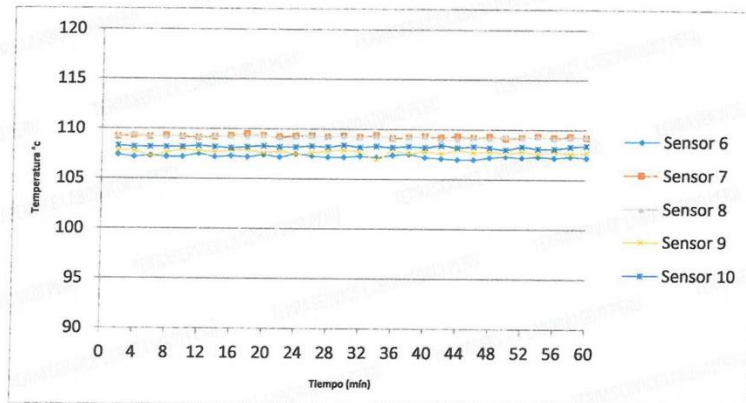
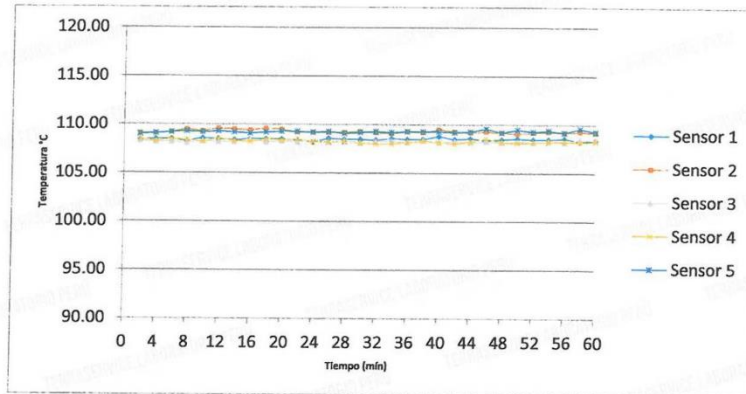
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición certificado y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL promedios de temperatura registradas en ambas posiciones. La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.



☎ 01 323 9468
 📞 938 385 327 / 980 668 072 / 927 526 207
 📍 Calle Celestino Ávila Godoy 933 Urb. El Rosario
 San Martín de Porres - Lima
 RUC: 20603356781
 www.terraservicelaboratorioperu.com



TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



01 323 9468
938 385 327 / 980 668 072 / 927 526 207
Calle Celestino Ávila Godoy 933 Urb. El Rosario
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE	ESTABILIZACIÓN QUIMICA	0,1 % CONSOLID 0,2 0,5 0,8	TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativa DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental POBLACIÓN Suelos con adición de Consolid MUESTRA 56 probetas MUESTREO No probabilístico
¿Cuál es el efecto del estabilizante Consolid en la capacidad portante de un suelo y su aplicación al diseño de cimentaciones superficiales en el distrito de San Sebastián?	Determinar el efecto del estabilizante de emulsión invertida Consolid en la capacidad portante de un suelo y aplicar dichos resultados al diseño de cimentaciones superficiales en el distrito de San Sebastián.	Un estabilizante de emulsión invertida en este caso Consolid mejorara notablemente la capacidad portante de un suelo y el aplicarlo al diseño de una cimentación trae consigo un ahorro constructivo.	ESTABILIZACIÓN		0,5 % SOLIDRY 2,0 4,0 10,0	
					ESTABILIZACIÓN MECANICA N° DE GOLPES PROCTOR MODIFICADO 4 8 12 16	
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	DEPENDIENTE	CAPACIDAD PORTANTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (qu)	
¿Cuál es el efecto de la aplicación de un estabilizante de emulsión invertida en la capacidad portante de un suelo limo-arenoso de la zona de San Sebastián?	Determinar el efecto del estabilizante de emulsión invertida Consolid en la capacidad portante de un suelo limo-arenoso.	La aplicación de un estabilizante de emulsión invertida (Consolid) cuadruplica la capacidad portante de un suelo limo-arenoso.				
¿Cuál es el resultado de aplicar el conocimiento del efecto del estabilizante Consolid en el diseño de cimentaciones superficiales en el distrito de San Sebastián?	Aplicar los resultados al diseño de la cimentación de un edificio de 7 pisos en el distrito de San Sebastián.	El uso de un suelo estabilizado con Consolid y cuya capacidad portante esta mejorada permite un ahorro de hasta un 20% de la estructura de la cimentación.		PROPIEDAD FÍSICA	1367 g/cm³ ≈ 2018 g/cm³	TÉCNICAS Observación y análisis de documentos INSTRUMENTOS Formatos estandarizados