

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido

de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural

convencional, Pasco 2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Harold Raúl MAURICIO HERHUAY

Asesor:

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido

de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural

convencional, Pasco 2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO

PRESIDENTE

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

MIEMBRO

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO

MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 181-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural convencional, Pasco 2022

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. MAURICIO HERHUAY, Harold Raúl

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. YARASCA CÓRDOVA, Pedro

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

19%

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 28 de diciembre del 2023


UNDA - UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requís Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios, por colmarme de sabiduría dentro de mi formación académica, así como en mi desarrollo profesional por cuidarme siempre y ayudarme a cumplir mis metas.

A todos mis seres queridos, en especial a mi madre Celestina Herhuay por ser el pilar más importante, a mi padre Raúl Mauricio en el cielo, y a mis hermanos Lissette, Ian y Katerin, por haberme educado y brindado su apoyo ya que fueron pieza fundamental para poder culminar mi carrera profesional y para desarrollar el presente proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Al **Ing. Pedro. Yarasca Córdova**, por su asesoramiento para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al **Ing. Lissette Mauricio Herhuay**, por su co-asesoramiento durante todo el proceso de elaboración de este presente trabajo de investigación.

A todos mis seres queridos que a pesar de las adversidades siempre sentí su apoyo incondicional.

A esta casa superior de estudios la **Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión** y toda su plana docente por haberme preparado profesionalmente y por haberme prestado las facilidades para la obtención de mi título profesional como ingeniero Civil.

RESUMEN

El RFRC (Relleno Fluido de Resistencia Controlada) es un material autocompactante de baja resistencia que posee una consistencia fluida, en diferentes países incluyendo el nuestro se utiliza como un material de relleno económico, como una alternativa optima al relleno compactado. Este relleno fluido ni es concreto (Hormigón) ni mucho menos es utilizado para remplazarlo. Se ha convertido en un material de remplazo, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Partiendo de la premisa de que no necesita compactación manual. La colocación del relleno fluido no es complicada y no requiere mayor ciencia que el de un correcto y proceso de aplicación, además de no requerir personal dentro de la excavación lo que representa un significativo grado de seguridad.

Este relleno es además una solución excelente para la utilización en proyectos con estructuras de difícil acceso y espacios limitados, con distancias horizontales y verticales considerables o todo tipo de elementos estructurales que requieren rapidez y eficiencia para ser fundidos, teniendo en cuenta sus requerimientos y gran volumen. Cuenta con muy buena de resistencia al fuego, y permite ser extraído y/o excavado con herramientas de uso común en la construcción tales como picos, taladros, etc. Dependiendo claro de la resistencia a la cual fue diseñada. Su contracción es mínima y controlada por tanto es durable.

El relleno fluido tiene amplio uso en rellenos de zanjas, tuberías, bases y sub-base de pavimentos, habilitaciones urbanas, socavones mineros, etc. Las propiedades de los rellenos fluidos de resistencia controlada son similares a la de los suelos y los hormigones propiamente dichos, por no decir que son las mismas. Se diseña a partir de materiales similares a los empleados en el concreto tradicional y se coloca con un equipo semejante a la del mismo, o de manera manual. Sin embargo, una vez colocada o puesta en servicio,

tiene el comportamiento y las características propias de los suelos. La fluidez es la propiedad que distingue al RFRC de los otros métodos convencionales empleados para rellenos.

En nuestro país no existe normativa como tal para la aplicación y diseño de este material (RFRC), que pueda guiarnos para evaluar su buen desempeño, la Norma CE.020 Estabilización de Suelos nos brindan alcances para el diseño de este relleno, pero de manera superficial, por lo cual también nos basaremos en normas extranjeras que rigen ya varias décadas y que han dado buenos resultados, principalmente las normas americanas ACI 2259R – 99 “MATERIALES DE RESISTENCIA BAJA RESISTENCIA” y bajo las normas ASTM; tales como la ASTM D-4832 “Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)”, ASTM D-1196 “Método de prueba estándar para Pruebas de Carga de Placa Estática No Repetitiva de Suelos y Flexibles”, y ASTM D-4429 “Ensayo CBR in situ”.

Palabras Claves: Propiedades mecánicas del suelo, relleno fluido, resistencia controlada y relleno estructural convencional

ABSTRACT

RFRC (Controlled Resistance Fluid Fill) is a low resistance, self-compacting material that has a fluid consistency. In different countries, including ours, it is used as an economical fill material, as an optimal alternative to compacted fill. This fluid filling is neither concrete (Concrete) nor is it used to replace it. It has become a replacement material, considering the savings in labor, equipment and time. Starting from the premise that it does not need manual compaction. The placement of the fluid fill is not complicated and does not require more science than that of a correct and application process, in addition to not requiring personnel inside the excavation, which represents a significant degree of safety.

This filling is also an excellent solution for use in projects with structures that are difficult to access and limited spaces, with considerable horizontal and vertical distances or all kinds of structural elements that require speed and efficiency to be cast, taking into account their requirements and large volume. . It has very good fire resistance, and it can be extracted and/or excavated with tools commonly used in construction such as picks, drills, etc. Depending of course on the resistance to which it was designed. Its contraction is minimal and controlled, therefore it is durable.

The fluid backfill is widely used in backfilling trenches, pipes, pavement bases and sub-bases, urban developments, mining tunnels, etc. The properties of controlled resistance fluid fillers are similar to those of soils and concretes themselves, not to say that they are the same. It is designed from materials similar to those used in traditional concrete and is placed with equipment similar to the same, or manually. However, once laid or put into service, it has the behavior and characteristics of soils. Flowability is the property that distinguishes RFRC from other conventional methods used for fillings.

In our country there are no regulations as such for the application and design of this material (RFRC), which can guide us to evaluate its good performance, the CE.020 Soil Stabilization Standard gives us scope for the design of this landfill, but in a superficial, for which we will also base ourselves on foreign standards that have been in force for several decades and that have given good results, mainly the American standards ACI 2259R - 99 "LOW RESISTANCE MATERIALS" and under ASTM standards; such as ASTM D-4832 "Preparation and Testing of Controlled Low Strength Material Cylinders (MRBC)", ASTM D-1196 "Standard Test Method for Non-Repetitive Static Plate Load Tests of Flexible and Soils", and ASTM D-4429 "CBR test in situ".

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación fue realizado y elaborado para analizar y evaluar el Relleno Fluido de Resistencia Controlada, para el uso como remplazo de los métodos tradicionales de mejoramiento de suelos en proyectos de la ciudad de Cerro de Pasco, por tanto, a continuación de describirá de manera breve el contenido de todos los capítulos.

En el Capítulo I, se determinó el problema a tratar así también como los objetivos y la justificación, cada uno de estos relacionados directamente al análisis del RFRC como remplazo del relleno convencional en proyectos de Pasco.

Para el capítulo II, hacemos una recopilación de los principales conceptos relacionados con el tema de investigación a tratar, los aspectos técnicos del material tales como sus propiedades físicas y mecánicas y los beneficios de este, asimismo el proceso de diseño, los equipos y los materiales necesarios a utilizar para la elaboración del RFRC. También se describe los diferentes métodos tradicionales y modernos que son utilizados para conseguir un óptimo material de relleno. Para culminar este capítulo se planteó la hipótesis general y las específicas respecto a los tres diseños de mezcla ejecutados y su comportamiento en la ciudad de Cerro de Pasco.

En el capítulo III, se describe la metodología que se empleó para este caso; los niveles y tipos de investigación adoptadas, así como la población y los tipos de muestra recolectadas para la evaluación y análisis de los diferentes tipos de resistencia del Relleno fluido de Resistencia Controlada en la ciudad de Cerro de Pasco.

El capítulo IV, Consta del procesamiento de los datos obtenidos que fueron resultado de la recolección de información de datos geotécnicos, de los materiales, para posteriormente realizar un adecuado diseño y obtener resistencias óptimas. Asimismo, se muestran los dos diseños con los que se trabajó, diseños utilizados para su evaluación y

para obtener los resultados, analizamos los datos obtenidos donde se interpretan dichos resultados para cada diseño de mezcla planteado y los factores que influyen en cada uno de ellos. Y finalmente se prueba o niega la hipótesis planteada en el capítulo II, para así identificar si dichos diseños cumplen los requisitos técnicos para su aplicación en la ciudad de Cerro de Pasco.

Para concluir, las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron mediante esta investigación. Además, en la parte final se cuenta con la sección de Anexos, donde se encuentran los sustentos de esta investigación como lo son: ensayos de materiales, hojas de cálculo de los diseños propuestos, certificados de calidad, hojas técnicas, certificados de calibración de equipos utilizados, resultados de las pruebas de resistencias; y para culminar se encuentra el panel fotográfico

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Delimitación temporal.....	2
1.2.2. Delimitación espacial.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas Específicos	3
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivos generales	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.5.1. Justificación teórica.....	4
1.5.2. Justificación práctica	5
1.5.3. Importancia y alcances de la investigación.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5
1.6.1. Limitación de recursos	6
1.6.2. Limitaciones de acceso a la información	6
1.6.3. Limitaciones temporales	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	7
2.1.1. Antecedentes Locales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes internacionales	9
2.2. Bases teórico – científicas	10
2.2.1. Mejoramiento de suelos	10
2.2.2. Métodos de mejoramiento de suelos	12
2.2.3. Clasificación de tratamientos del terreno (Suelo)	12
2.2.4. Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC).....	15
2.2.5. Campos de utilización del RFRC	15
2.2.6. Materiales para elaborar el RFRC.....	17
2.2.7. Propiedades en estado fresco	19
2.2.8. Propiedades en estado endurecido	21
2.2.9. Propiedades geotécnicas.....	24
2.2.10. Especificación del relleno fluido.....	24
2.2.11. Ventajas del RFRC.....	25
2.3. Definición de términos básicos	26
2.4. Formulación de hipótesis	29
2.5. Identificación de variables	30
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	31

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación.....	33
---------------------------------	----

3.2. Nivel de investigación.....	33
3.3. Métodos de investigación.....	33
3.4. Diseño de investigación	34
3.5. Población y muestra	35
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	36
3.8. Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos.....	37
3.9. Tratamiento estadístico	37
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	38
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	40
4.3. Prueba de hipótesis.....	73
4.4. Discusión de resultados.....	77

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valores convencionales de resistencia a compresión.....	23
Tabla 2.	Ventajas de RFRC.....	25
Tabla 3.	Operacionalización e variables	31
Tabla 4.	Cantidad de muestras para evaluación del RFRC.....	36
Tabla 5.	Tabla de análisis granulométrico del material a utilizar	43
Tabla 6.	Tabla en porcentajes del material.....	44
Tabla 7.	Clasificación del material.....	44
Tabla 8.	Promedio de Factor K	46
Tabla 9.	Resultados de limite liquido.....	46
Tabla 10.	Resultados de limite plástico.....	47
Tabla 11.	Resultados de contenido de humedad	49
Tabla 12.	Dosificación utilizada en casos anteriores	50
Tabla 13.	Proporción de diseño al 3.0%.....	55
Tabla 14.	Proporción de diseño al 2.5%.....	57
Tabla 15.	Proporción de diseño al 2.0%.....	58
Tabla 16.	Revenimiento del RFRC para los distintos diseños	59
Tabla 17.	Ensayos a la compresión del RFRC AL 3.0% de adición de cemento	59
Tabla 18.	Ensayos a la compresión del RFRC AL 2.5% de adición de cemento	61
Tabla 19.	Ensayos a la compresión del RFRC AL 2.0% de adición de cemento	62
Tabla 20.	Resultados a los 3 días de edad del RFRC con % variable de cemento.....	63

Tabla 21. Resultados a los 7 días de edad del RFRC con % variable de cemento.....	64
Tabla 22. Resultados a los 14 días de edad del RFRC con % variable de cemento.....	65
Tabla 23. Prueba de normalidad para el indicador Resistencia del RFRC	74
Tabla 24. Comparación de media con prueba ANOVA.....	75
Tabla 25. Comparacion multiple de los diseños elaborados	75
Tabla 26. Medias para cada grupo de diseño de RFRC	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Aplicación de técnicas de mejora de terreno según su granulometría	13
Figura 2.	Clasificación de las técnicas de mejora de terreno.....	14
Figura 3.	Clasificación de las técnicas de mejora de terreno.....	14
Figura 4.	Áreas de estudios y punto exacto de extracción del material.....	40

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Gráfico de curva granulométrica del material.....	43
Grafico 2. Progreso de la resistencia al 3% del RFRC a diferentes edades	60
Grafico 3. Progreso de la resistencia al 2.5% del RFRC a diferentes edades	61
Grafico 4. Progreso de la resistencia al 2.5% del RFRC a diferentes edades	63
Grafico 5. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (3 días)	64
Grafico 6. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (7 días)	65
Grafico 7. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (14 días)	66

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Actualmente la gran cantidad de proyectos de construcción en nuestro país, en el sector privado o público, notamos el uso del relleno estructural convencional como una actividad común, como lo es el compactado por capas, para el mejoramiento de las propiedades de ingeniería de la masa del suelo. Por sus ventajas de aplicación y los resultados obtenidos, no obstante, posee desventajas entre ellas: el agrietamiento del material por una compactación muy intensa o el potencial de sufrir hinchamientos y/o acolchonamiento (con la exposición a la humedad) en suelos finos por causa de lluvias, o cualquier agente externo tal vez la expansión por la helada.

Dichas desventajas afectan a corto, mediano y largo plazo en la ejecución de un proyecto (costo, tiempo y alcance). Si bien es cierto es una solución común y aceptable mas no la más óptima en cuanto a calidad y tiempo se refiere, ya que existen demasiados factores que dificultan su eficiencia, por tanto, la eficacia en la aplicación de este tipo de método.

Por tal motivo en las últimas décadas se ha optado por la aplicación de diferentes métodos de compactación, una de ellos es el del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) el cual es un método más sencillo y de fácil aplicación por ser un material fluido y autocompactante en algunos casos, que hacen a este uno más trabajable.

1.2. Delimitación de la Investigación

La investigación busca incrementar la resistencia del suelo, es decir incrementar la capacidad portante del mismo añadiéndole un porcentaje de cemento y agua para así mejorar sus propiedades en la ciudad de Cerro de Pasco teniendo en cuenta la altura y las condiciones climáticas.

1.2.1. Delimitación temporal

Este proyecto estuvo programado para realizarse en 4 meses del mes 2022; sin embargo, este tiempo no estuvo sujeto a cambios y modificaciones no contemplados dentro de este plazo, ya que en transcurso de la elaboración pudieron surgir dificultades y por tanto dicho tiempo en consecuencia se alargó.

1.2.2. Delimitación espacial.

Esta investigación se desarrolló a la ciudad de Cerro de Pasco, distrito de Yanacancha en la ciudad universitaria de Pucayacu de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo el uso del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) mejora las propiedades mecánicas del suelo para su utilización como sustituto del relleno estructural convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia en el análisis técnico al usar el relleno de resistencia controlada (RFRC) como reemplazo del relleno convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022?
- ¿Cuáles son las aplicaciones del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) y que usos se le darán en proyectos de construcción, Pasco 2022?
- ¿Cuál es el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del RFRC, tomando en consideración las condiciones prevalecientes del lugar, Pasco 2022?
- ¿Cómo realizar un diseño de mezcla de RFRC para las mejoras, mecánicas del suelo, con resistencias de 4 kg/cm², 6 kg/cm² y 8 kg/m², para ser ensayados a edades de 3, 7, 14 y 28 días, Pasco 2022?
- ¿Es factible reemplazar un relleno compactado o convencional por un RFRC, partiendo de la mejora de sus propiedades mecánicas en proyectos de construcción, Pasco 2022?
- ¿Cuánto influye el suelo, el agua y el cemento en la mejora de las propiedades mecánicas de un RFRC para su utilización en proyectos de construcción, Pasco 2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Determinar cómo el uso del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) mejora las propiedades mecánicas del suelo para su utilización como sustituto del relleno estructural convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar cuál es la influencia en el análisis técnico al usar el relleno de resistencia controlada (RFRC) como reemplazo del relleno convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022.
- Determinar cuáles son las aplicaciones del relleno fluido de resistencia controlada y que usos se le darán en proyectos de construcción, Pasco 2022.
- Proponer el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del RFRC, tomando en consideración las condiciones prevalecientes del lugar, Pasco 2022.
- Realizar un diseño de mezcla de RFRC para las mejoras mecánicas del suelo, con resistencias de 4 kg/cm², 6 kg/cm² y 8 kg/m², para ser ensayados a edades de 3, 7, 14 y 28 días, Pasco 2022.
- Determinar si es factible reemplazar un relleno estructural convencional por un RFRC, partiendo de la mejora de sus propiedades mecánicas en proyectos de construcción, Pasco 2022.
- Estudiar las características del suelo, el agua y el cemento en la mejora de las propiedades mecánicas de un RFRC para su utilización en proyectos de construcción, Pasco 2022.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Se realizó esta investigación para determinar la eficiencia en la aplicación del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) como reemplazo de relleno estructural ya usado actualmente en la mayoría de proyectos en la ciudad de Cerro

de Pasco teniendo como base proyectos e investigaciones al interior del país, así como los diseños, ensayos y aplicaciones realizadas en esta ciudad

1.5.2. Justificación práctica

Aplicarlo a la gran mayoría de obras de construcción en la ciudad, como un remplazo para el relleno estructural convencional ya que este método y/o material tienen más ventajas que el mencionado anteriormente. El presente estudio servirá de base para la aplicación en proyectos como rellenos estructurales de cualquier índole.

1.5.3. Importancia y alcances de la investigación

La importancia del estudio radicó en la influencia del relleno (RFRC) en las obras civiles, en términos estructurales así también como a su calidad y tiempo de ejecución, por tales motivos es importante realizar este estudio ya que de este depende la aceptación y la incorporación del método a los proyectos ejecutados en la ciudad, lugar donde esta investigación está siendo realizada. Los resultados de la presente investigación nos ayudarán a evaluar y analizar el alcance óptimo del material, se evaluarán todos los factores que intervienen en este tales como: Suelo, agua, cemento, costo, tiempo, etc.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación se desarrolló con los conocimientos impartidos por los docentes de esta casa de estudios a nivel pre grado y la experiencia obtenida en el desarrollo de los proyectos en los que estuve involucrado y donde la aplicación de este material es común ya que aporta muchos beneficios.

1.6.1. Limitación de recursos

La falta de posibilidades económicas para cubrir con los gastos que el presente trabajo amerita (toma de muestras y adquisición de equipos específicos de laboratorio).

1.6.2. Limitaciones de acceso a la información

No existe limitación de acceso de información requerida para este proyecto ya que contamos con información adquirida en campo y de la información general de estudios internacionales.

1.6.3. Limitaciones temporales

De acuerdo con lo programado los ensayos de los testigos de RFRC fueron realizados a los 3, 7, 14 y 28 días, y estos se dieron los meses finales del 2022 y principios del 2023 así como el análisis de los materiales intervinientes.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Locales

En la actualidad existen antecedentes internacionales y nacionales que están relacionados con el presente proyecto de tesis; sin embargo, ninguno en el la región de Pasco, ya que a nivel nacional es un material poco conocido y raramente utilizado en proyectos públicos y privados, por tal razón tuve como base el conocimiento adquirido en obra sobre este material además de los antecedentes nacionales y internacionales que servirán como base comparativa para la probable aplicación en la ciudad de cerro de Pasco.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vilcas, J. (2018), En la tesis titulada “Planteamiento del mejoramiento del suelo empleando relleno fluido para la construcción de los edificios multifamiliares en la obra casa club recrea los ‘nogales’, distrito del agustino, lima”. Cuyos objetivos fueron plantear la mejora del suelo empleando el relleno fluido como base de cimentación para vivienda de edificios multifamiliares del

proyecto Casa Club Recrea Los Nogales, describir la experiencia de la obra Casa Club Recrea Los Nogales, donde se aplicó el relleno fluido satisfactoriamente además de optimizar la productividad en el vaciado del relleno fluido y evaluar los beneficios del método de mejoramiento de suelos empleando relleno fluido y determinar si puede llegar a ser una alternativa factible para cumplir los tiempos de entrega para posteriores proyectos.

Llerena, D. (2018), Por su parte en la tesis titulada “Diseño de mortero de baja resistencia y su influencia en el relleno del colector ampliación Bayóvar, San Juan de Lurigancho, 2018”. Cuyos objetivos fueron determinar el diseño de mortero de baja resistencia utilizando material propio y su influencia en el relleno del Colector Ampliación Bayóvar, determinar cómo el diseño del mortero de baja resistencia influye en la capacidad carga del suelo del relleno del Colector Ampliación Bayóvar además de la influencia del diseño de mortero de baja resistencia en la productividad del relleno del Colector Ampliación Bayóvar.

Babilonia, L. & Chavez, J. & Guerra, C. & Olivera, J. (2019), Ellos en su trabajo de investigación titulada “Diseño de mortero de baja resistencia para rellano en tuberías en el centro Comercial Box Park, Surco, 2019”. Cuyos objetivos fueron determinar el efecto de la aplicación del diseño de mortero de baja resistencia utilizando material propio, en redes de tuberías del centro comercial Box Park, Surco 2019, identificar como el mortero de baja resistencia utilizando material propio, contribuye en la capacidad de carga de relleno de la red de tuberías del proyecto, examinar como el mortero de baja resistencia utilizando material propio contribuye en el hundimiento de la red de tuberías y determinar como el diseño de mortero de baja resistencia utilizando material

propio, contribuye en rendimiento del relleno en las redes de tuberías del antes mencionado proyecto.

2.1.3. Antecedentes internacionales

Rivera, E.(2008), En la tesis titulada “Uso de rellenos fluidos en la construcción” que tuvo por objetivos, proporcionar una guía para la elaboración de rellenos fluidos, definir y clasificar los rellenos fluidos, documentar experiencias de proyectos donde se han aplicado rellenos fluidos satisfactoriamente, definir las características de los materiales que pueden ser utilizados para hacer rellenos fluidos, con el fin de poder evaluar el uso de los materiales que se tengan al alcance, y servir de guía para la elaboración, transporte y colocación de los rellenos Fluidos

Granados, J. & Landaverde, A. & Pineda, A. (2003), En la tesis titulada “Aplicación de los parámetros de control ACI (american Concrete institute), en mezclas de rellenos fluidos de Resistencia controlada (lodocreto), variando Porcentajes y tipos de cementos”. Cuyos objetivos fueron el de aplicar los parámetros de control del ACI, en mezclas de rellenos fluidos de resistencia controladas (lodocreto) para las resistencias a compresión que más frecuentemente se emplean en la construcción en cuanto a porcentajes y los tipos de cemento, aplicar los criterios propuestos por el ACI para el diseño de mezclas fluidas empleando materiales locales (suelos) mezclados con cemento, además de estudiar las características que deben de tener el suelo, cemento y agua para la lograr las resistencias establecidas en el lodocreto a partir de los especímenes elaborados y sometidos a prueba en el laboratorio (para los dos tipos de suelo y las dos clases de cemento) y proponer el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del suelo cemento fluido en el campo, tomando en

consideración las condiciones prevalecientes y de acuerdo a lo que sugiere el ACI y que se adecue a las condiciones prevalecientes en El Salvador.

Delgado, O. & Lopez, I. & Toledo, A. (2018), En la tesis titulada “Diseño de mezclas de materiales de resistencia baja controlada (Lodocreto) utilizando bancos de préstamos de la zona central de el salvador para su aplicabilidad vial”. Cuyos objetivos fueron, realizar diseños de mezclas de materiales de resistencia baja controlada con materiales de bancos de préstamo de la zona central de El Salvador para su aplicabilidad vial, realizar pruebas de laboratorio basadas en las normas ACI y normas ASTM relativas únicamente sobre los MRBC, realizar diseño de MRBC de 7 kg/cm² y 14 kg/cm² para ser ensayados a edades de 7, 14 y 28 días, crear un marco teórico sobre los materiales de resistencia baja controlada (MRBC) y su aplicabilidad en diferentes áreas de la construcción además de estudiar las propiedades en estado fluido y endurecido en los materiales de resistencia baja controlada e identificar cuáles de los bancos de préstamos tiene un mejor comportamiento en estado fresco y endurecido.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Mejoramiento de suelos

El mejoramiento de los suelos consiste en la modificación de una o varias características del suelo partiendo de su condición natural. Estos podrían desarrollarse de manera temporal que permita la construcción de un proyecto o puede ser una solución permanente que aborda el adecuado comportamiento y/o estabilidad mecánica de un proyecto.

También el mejoramiento de suelos consiste en un conjunto de procedimientos que suelen ser aplicados a un suelo con bajas propiedades mecánicas, con el fin de mejorar sus características originales y hacerlos aptos

para futuros proyectos. Entre las propiedades o características del suelo que por lo general se desea reforzar y/o mejorar están:

- Rigidez
- Resistencia al corte
- Velocidad de consolidación
- Asentamiento (Absolutos y diferenciales)
- Reducción de hinchamiento
- Reducción de colapso
- Permeabilidad,
- Reducción de Licuefacción
- Etc.

En términos generales, el mejoramiento de suelos se realiza a través de acciones químicas o físicas, siendo esta última la más común, como la aplicación de una vibración o mediante la inclusión o mezcla en el suelo de otro material más resistente.

En el Perú, tenemos una infinidad de tipos de suelo por la diversidad que posee, desde los más resistentes como lo son los cohesivos (suelos rocosos, gravosos, granulares y arenosos) así como los de menor resistencia (suelos arcillosos, limosos, orgánicos) por lo que la mitigación del riesgo de licuación o licuefacción de los suelos, estos agentes enumerados anteriormente, son fenómenos recurrentes relacionados con los eventos sísmicos característicos de cada zona y que se deben tenerse en cuenta a la hora de pensar en un tratamiento de mejora del suelo.

2.2.2. Métodos de mejoramiento de suelos

Las técnicas de mejora del suelo con fines estructurales han sufrido un importante desarrollo a lo largo de las últimas décadas permitiendo la ejecución de infraestructuras en plazo y costo razonable, bajo condiciones geotécnicas adversas. El padecimiento de los suelos blandos, son las deformaciones muy notables o incluso existe la posibilidad de una rotura parcial de los terraplenes, estos son algunos de los limitantes habituales en suelos de baja calidad. Los criterios para la selección de estas técnicas se basan muchas veces en un conocimiento parcial del comportamiento del suelo, lo que complica aún más el problema y la heterogeneidad del sustrato, y exige la aplicación de campos de prueba para garantizar que se adopte una solución correctora.

Souto, J. & Losada, A. (2016), En su artículo selección de técnicas de mejora de suelos en proyectos de obra civil menciona que para la aplicación en general de técnicas o procedimientos no siempre suele implicar un solo mecanismo de mejora de terreno (compactación, inyección, etc.) y por tanto suele haber un solape entre los diferentes tipos y la consecuente dificultad para la clasificación y selección de las más adecuadas. Sin embargo, no hay que suponer que sólo existe una alternativa, y además de las limitaciones de tiempo y dinero, la decisión también puede verse influida por otras circunstancias locales, como, por ejemplo la experiencia y disponibilidad de equipos además de la posibilidad de una mejor reparación o control de la ejecución o incluso la respuesta a solicitudes extraordinarias (sismo o inundaciones).

2.2.3. Clasificación de tratamientos del terreno (Suelo)

Aburto, M. & Rodriguez, D. (2011), En general, son mucho más complejos los problemas ligados a cuanto pueden mejorarse las características

fundamentales de los suelos comparados cuando estos son finos, razón por la cual cuando se intenta identificar las características mecánicas de los suelos compactados, las arcillas suelen ser los materiales más estudiados. La compactación ha formado parte de los métodos de construcción desde el principio de la historia. Sin embargo, en aquellos tiempos, no se trataba de un método general o sistemático, sino que el método empleado era el apisonado con animales o seres humanos. Uno de los muchos métodos disponibles en la actualidad para mejorar la calidad de un suelo apto para la construcción es la compactación; es, además, uno de los más eficientes y de aplicación más universal (p.3).

Según su granulometría, los tratamientos del suelo fueron clasificados por Mitchell (1981). En la siguiente figura se puede ver, de forma aproximada, el campo de aplicación de las técnicas (p.509).

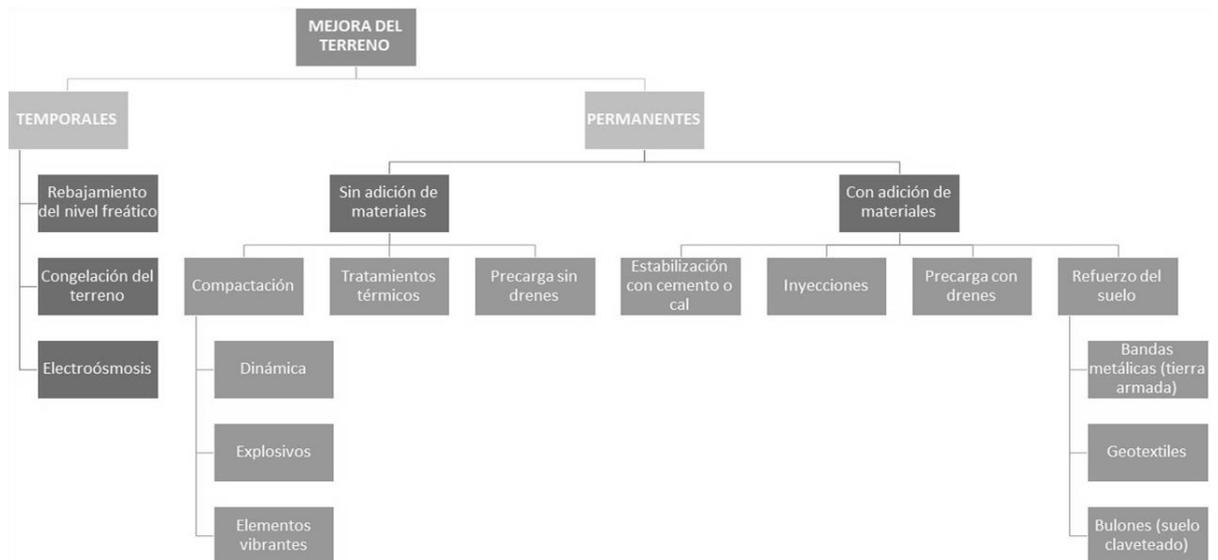
Figura 1. Aplicación de técnicas de mejora de terreno según su granulometría

GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
VIBROCOMPACTACIÓN			
VOLADURAS			
INYECCIÓN DE PARTICULAS			
INYECCIÓN QUÍMICA			
INYECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO			
PRECARGA CON O SIN DRENES			
COMPACTACIÓN DINÁMICA			
ELECTROÓSMOSIS			
REFUERZO (COLUMNAS DE GRAVA, SUELO CLAVETEADO)			
TRATAMIENTO TÉRMICO			
ESTABILIZACIÓN CON ADITIVOS			

FUENTE: (Mitchell, 1981)

Vam Impe (1989), También se pueden organizar las técnicas de mejora del terreno en función de su temporalidad. En la Figura 2 se clasifican los métodos en temporales, que se limitan al periodo de ejecución de la obra, y en permanentes, atendiendo o no a la adición de materiales en el terreno (p.77).

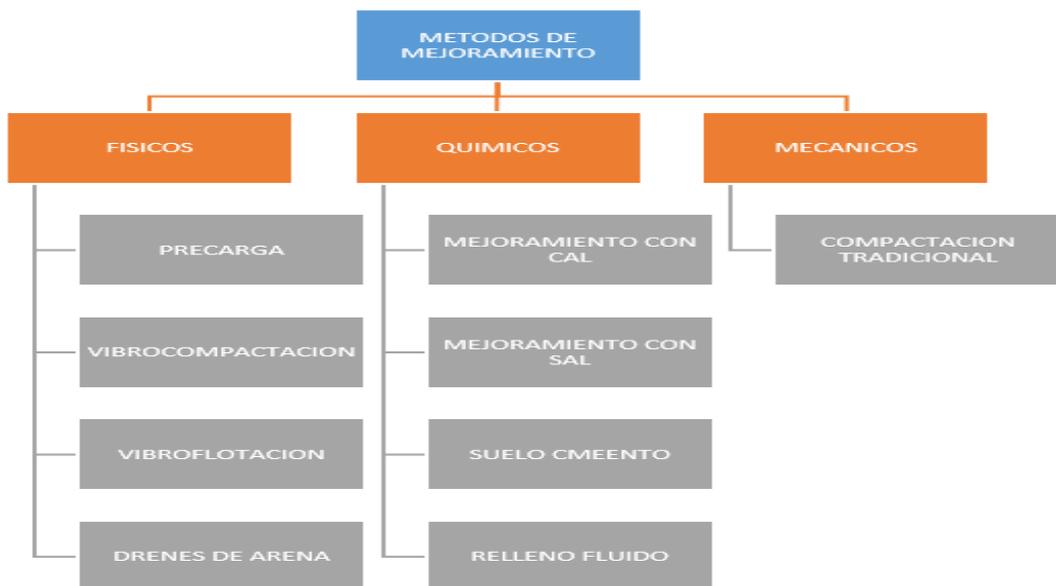
Figura 2. Clasificación de las técnicas de mejora de terreno



FUENTE: (Vam Impe, 1989)

Son muchas las clasificaciones de mejoramientos de suelos en la actualidad, para cuestiones académicas dividiremos de la siguiente manera.

Figura 3. Clasificación de las técnicas de mejora de terreno



FUENTE: Elaboración propia

2.2.4. Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC)

El relleno fluido es un material autocompactante de baja resistencia con una consistencia fluida, que es utilizado como material de relleno económico, como alternativa al relleno granular compactado. El relleno fluido ni es concreto (hormigón) ni es utilizado para remplazar el concreto. La terminología empleada por el Comité 229 ACI es Material de Baja Resistencia Controlada (MBRC). Otros términos utilizados para este material son: Relleno sin retracción, relleno de densidad controlada, mortero fluido o mezcla pobre de relleno (CIP 17, 2013, p.1).

En términos de su fluidez, el asentamiento, tal como se mide para el concreto, es generalmente superior a las 8 pulgadas (200mm). Es un material autocompactante y puede ser colocado con un mínimo esfuerzo, además no requiere de vibración o golpes. Endurece como un material fuerte con un asentamiento mínimo. Mientras la definición más amplia incluye los materiales con resistencia a compresión menor que 1200 libras por pulgada cuadrada (8.3 MPa), la mayoría de las aplicaciones emplean mezclas con resistencias inferiores a las 300 libras por pulgada cuadrada (2.1 MPa). La resistencia a mayor edad de un MBRC removible debe estar en el rango de 30 a 200 libras por pulgada cuadrada (0.2 a 1.4MPa) medida por la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas. Es importante que la expectativa de una futura excavación del relleno fluido sea previamente establecida cuando se especifica o se ordena el material (CIP 17, 2013, p.1).

2.2.5. Campos de utilización del RFRC

El avance del material (RFRC) en la construcción de edificaciones y mantenimiento y/o reparación de carreteras y avenidas de alto o bajo tránsito

está íntimamente relacionado con el desarrollo del pavimento asfáltico y el concreto hidráulico. Cabe añadir que este tipo de aplicación requiere una superficie de apoyo adecuada para evitar el deterioro del relleno. También se deben tener en cuenta las condiciones de drenaje del proyecto.

Usos de RFRC:

Rellenos simples

Zanjas o trincheras para alcantarillas, trincheras para instalaciones, estribos de puentes, recubrimiento de conductos, muros de contención y cortes de carreteras (CIP 17, 2013, p.1).

Rellenos Estructurales

Sub-base de cimientos tales como de zapatas, plateas, bases para losas de pisos, bases para pavimentos, cimientos de conductos y excavaciones de pilotes (CIP 17, 2013, p.1).

Camas para tuberías

El RFRC está siendo utilizado como cama de apoyo o material de relleno de tuberías ya que tienen la ventaja de proveer rápidamente una excelente resistencia, a la vez que proporciona un método de instalación fácil y eficiente (Vilcas , 2018, p.47).

Vacíos debajo de pavimentos

Es también una opción o solución para rellenar las cavernas que existen en puentes, banquetas, pavimentos y demás estructuras en donde el suelo o material granular no cohesivo existente ha sufrido la erosión.

Taludes

Una aplicación para estabilizar un talud es la construcción de terrazas mediante el manejo de relleno fluido ciclópeo aprovechando las propiedades mecánicas y constructivas de este (Vilcas , 2018, p.48).

Terraplenes

El uso del RFRC para estos casos es principalmente porque existe una disminución de peso para este material de hasta un 20% (Vilcas , 2018, p.50).

Rellenos de muros

Con la teoría de Rankine, se determinó que la fuerza del empuje activo del suelo sobre la estructura genera un aumento en el dimensionamiento del muro (Vilcas , 2018, p.48).

Estribos de puentes

De manera similar que, en la teoría de muros ya mencionada, el RFRC que se aplica para rellenar los estribos disminuye, por tanto, esto permite construir estructuras con menores dimensiones (Vilcas , 2018, p.49).

2.2.6. Materiales para elaborar el RFRC

Para Granados, et al (2003) en su trabajo de investigación menciona que el RFRC es un material con características que corresponden a un suelo mejorado y que tiene propiedades tales como alta fluidez y baja resistencia controlada. Se dosifica y mezcla previamente para ser entregado en estado fresco y preparado para su colocación en obra. Sus componentes incluyen cemento portland o aditivos de cemento, agregado fino, agua, aditivos y/o adiciones.

Cemento

Material básico de la estabilización del suelo, comprende un promedio de 5 al 25% en peso de la mezcla seca. La selección del tipo de cemento y el

porcentaje en la mezcla dependerá de las condiciones particulares de cada proyecto, siendo utilizado el cemento con o sin adiciones tipo I y II especificado en la norma.

Agua

Debe ser clara y limpia, libre de sustancias perjudiciales para el Relleno Fluido como aceites, asidos, materia orgánica, etc. Es decir, los requerimientos exigidos para que el agua sea utilizada en los concretos según la norma son los mismos que para los morteros de relleno fluido.

Agregado

Constituyen la proporción más grande en la mezcla. Las características físicas como la fluidez y la resistencia a la compresión pueden verse influidas por el tipo, el tamaño y la forma de las partículas. En este caso pueden emplearse un tipo de agregado como el que se obtiene como el material granular de la excavación, que presenta propiedades de inferior calidad. Los más adecuados son los que cumplen con las normas nacionales e internaciones referente a los ensayos en estos suelos (agregados) como las NTP 329.128, NTP 329.129, NTP 329.127, etc.

Según Vilcas , (2018), Los agregados que cumplen con ASTM C 33 pueden ser utilizados debido a que los productores de concreto mantienen existencia con control de calidad de estos materiales, esta norma no debe tomarse como una regla, pero puede servir de guía. Los agregados son en la mayoría de los casos la mayor consistencia de las mezclas de relleno fluido. Los agregados que cumplan la norma ASTM C 33 son recomendados para el uso de este relleno fluido, ya que por lo que general están disponibles en los locales de abastecimiento de materiales (p.43).

2.2.7. Propiedades en estado fresco

Consistencia o fluidez

Consistencia o fluidez. Permite que el relleno fluya, se autonivele y se autocompacte sin necesidad de maquinaria, a diferencia de los materiales granulares que una vez se colocan por capas, posteriormente se compactan mecánicamente. Sin embargo, se debe considerar que un relleno muy fluido ejerce una presión hidrostática; para evitarla, es mejor colocarlo en capas que se dejan endurecer antes de colocar la siguiente. (Delgado, et al, 2018).

Existen diferentes métodos para determinar la consistencia o fluidez de los RFRC, que son: El cono de Abrams, el cono de flujo y el ensayo del flujo modificado (Jofré, 1998).

- Baja fluidez = 5 cm. o menos
- Fluidez normal = entre 15 y 20 cm.
- Alta fluidez = superior a 20 cm.

Masa unitaria

Lo típico es la oscilación 1,600 y 1,900 kg/m³ y ocasionalmente se especifican valores más ligeros. Esta característica es pertinente para las propiedades de conductividad térmica y excavabilidad y es de interés para el diseño de mezcla y el control de calidad.

Delgado, et al, (2018) Esta propiedad es muy importante para el diseño y control de calidad de la mezcla, es válido recordar que estas mezclas son por lo general producidos en plantas de producción de concreto y despachadas en camiones mezcladores o mixers; estas plantas proporcionan los materiales por peso y son requeridas por el usuario final por volumen debido a que es más práctico obtener el volumen del elemento a llenar, la característica que relaciona

un volumen (que es el dato que se conoce) con el peso (que el proveedor usará para producir la mezcla) es la densidad o “peso unitario” ρ .

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:

P=Densidad kg/cm²

M=Masa en kg

V=Volumen en m³

Tiempo de fraguado

Es el tiempo necesario para que el relleno fluido cambie del estado plástico al endurecido hasta obtener la resistencia requerido y depende del tipo y calidad del cemento la dosificación y fluidez del relleno, temperatura ambiente, la humedad, etc. Para mezclas en condiciones normales y por lo observado en campo el tiempo de fraguado inicial es de 3 a 5 horas.

Contenido de aire

Los contenidos de aire superiores a 20% disminuyen significativamente la resistencia a la compresión y facilitan la reexcavación de los rellenos (Delgado,et al, 2018).

Segregación

Las mezclas de alta fluidez obtenidas con altos contenidos de agua, pueden provocar la separación de los componentes; para evitarlo es necesario realizar una adecuada dosificación, utilizando materiales finos tales como cenizas volantes o limas hasta un 20% del total de los agregados, para que suministren cohesión. Se deben evitar los agregados finos plásticos como la arcilla, porque pueden provocar resultados adversos como incremento de la retracción (Granados, at el, 2003).

Contracción

Granados, et al, (2003) Menciona que el relleno fluido presenta un cambio de volumen por la evaporación del agua, debido a la temperatura o a la acción del viento, y es absorbido por el suelo cercano o sale a la superficie en el proceso de fragua de la mezcla. El valor típico de contracción en mezclas con altos contenidos de agua, está entre 3.1 y 6.35 mm por cada 30 cm. de profundidad.

2.2.8. Propiedades en estado endurecido

Cuando este material se endurece, ofrece los mayores beneficios y tiene unas cualidades mecánicas mejores que las de los suelos típicos. A este material se le ha catalogado como un “super suelo” Entre ellas se verán la resistencia, módulo de rotura, módulo de elasticidad, dinámico, valor relativo de soporte, contracción, retracción, aislamiento térmico, excavabilidad, permeabilidad y densidad.

Módulo de elasticidad

También puede utilizarse para el relleno fluido en estimaciones. A continuación, se muestra la expresión ACI 318 para calcular el módulo de elasticidad:

$$M_e = 10235\sqrt{f'c}$$

Donde:

$f'c$: Resistencia a compresión del relleno fluido en (kg/cm²)

Según Gonzáles, (1999) los valores del módulo de elasticidad para Subbases y bases en relleno fluido se encuentran entre 16000 y 67000 kg/cm², se miden en cilindros de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura.

Módulo de ruptura

Según Gonzáles, (1999) El relleno fluido varía entre 10 y 17% de la resistencia a compresión, y se ha medido en vigas con el equipo y el método de ensaye utilizado para concreto. El M_r típico puede estimarse como 14% de la f'_c .

$$M_r = 0.14 * f'_c$$

Donde:

f'_c : Es la resistencia a compresión del relleno fluido en (kg/cm²)

Resistencia a la compresión

Los valores convencionales de resistencia a compresión varían entre 10 y 30 kg/cm². Se han producido rellenos fluidos con resistencias mayores, y como límite superior puede considerarse el establecido por el comité ACI 229R, que limita la resistencia de los CLSM a 1,200 psi, que equivalen a 84 kg/cm² (Huerta, 2005).

Según Granados, et al (2003), Una resistencia a compresión de 3,5 a 7 kg/cm² equivalente a capacidad de soporte de un suelo bien compactado. Los métodos de curado que se especifican para el concreto no son esenciales para el Relleno Fluido.

Y es lo mencionado por la investigación de Granados que es importante para este proyecto ya que lo que se busca es un mejoramiento del terreno para muchos fines constructivos, pero sin perder la esencia de ser un suelo y todo lo conlleva esto.

Tabla 1. Valores convencionales de resistencia a compresión

Resistencia a compresión	Excavabilidad [kg/cm²]
Menor a 10	Excavable a mano (pico y pala)
Entre 10 y 30	Excavable con retroexcavadora
Mayor a 30	No excavable (fácil de demoler)

FUENTE: (Huerta, 2005)

Permeabilidad

Este parámetro depende del diseño de mezcla y de forma importante de la cantidad de células de aire incluidas, los rellenos fluidos producidos en México tienen altas permeabilidad. Y los coeficientes de permeabilidad están entre 1×10^{-5} y 1×10^{-7} m/s (Huerta, 2005).

Para nuestro caso Granados, et al (2003), la permeabilidad de la mayoría de los Rellenos Fluidos excavables es similar a la de los rellenos granulares compactados. Los valores típicos se encuentran en el intervalo de 10^{-4} a 10^{-5} m/s.

Conductividad térmica

Se han medido valores de conductividad térmica para rellenos fluidos con aire incluido que van de 0.42 a 0.48 W/m-K. Esta propiedad es relevante para aplicaciones del material como aislante térmico en cubiertas superiores o losas de azotea (Huerta, 2005).

Excavabilidad

Los rellenos fluidos pueden ser excavables o no en función de los requisitos y especificaciones del proyecto. Para determinar el grado de excavabilidad de los rellenos fluidos con masa unitaria entre 1600 y 1900 que incluyen aditivos incorporadores de aire, se puede utilizar la Tabla 1 como una guía útil.

Contracción por secado

Con el tiempo, un relleno fluido gana resistencia y presenta mejores propiedades de contracción por secado y compresibilidad. Según las pruebas realizadas por el Departamento de Transporte de Iowa, se considera aceptable un hundimiento potencial de 1/8 de pulgada (3,175 mm) por cada pie lineal vertical. La contracción por secado que ocurrirá una vez el relleno fluido se haya asentado es despreciable (Delgado, Lopez, & Toledo, 2018).

2.2.9. Propiedades geotécnicas

Huerta, (2005) Menciona en la revista construcción y tecnología que las pruebas triaxiales indican que este material tiene características mecánicas superiores a la de los suelos tradicionales, cuenta con una alta cohesión característica de los materiales arcillosos y al mismo tiempo un ángulo de fricción alto, típico de los materiales friccionantes. Los valores obtenidos para un relleno fluido de 18 kg/cm² de resistencia y masa unitaria de 1800 kg/m³ son:

Cohesión: 3.78 kg/cm²

Angulo de fricción interna: 41.6°

2.2.10. Especificación del relleno fluido

La especificación de relleno fluido suele ser simple. Sin embargo, debido a sus cualidades beneficiosas en campo, los constructores la han utilizado con más frecuencia que los diseñadores. La especificación del relleno fluido debe mencionar tantos aspectos del relleno, en estado fresco como endurecido y deberá establecerse sólo con base en las propiedades requeridas para el tipo de aplicación específico (Huerta, 2005).

Los diseñadores y constructores deberían considerar el relleno fluido como un excelente sustituto por sus numerosas características técnicas y constructivas, que permiten una gran versatilidad.

2.2.11. Ventajas del RFRC

Tabla 2. Ventajas de RFRC

VENTAJAS DEL RFRC	
Disponibilidad	Usándose localmente hay disponibilidad de materiales, los productores de concreto premezclado pueden producir RFRC cumpliendo las especificaciones de la mayoría de los proyectos.
Facilidad de entrega	Los camiones mezcladores pueden entregar las cantidades especificadas de RFRC en la obra.
Facilidad de colocación	Dependiendo del tipo y localización del vacío a rellenar, el RFRC puede ser colocado directamente desde el canalón, bombearse o en bacha. El RFRC es autonivelante y requiere poca o nula compactación. Esto incrementa la velocidad de construcción y reduce los requerimientos de mano de obra.
Versatilidad	Las mezclas de RFRC pueden ser ajustadas para cumplir con requerimientos de llenado. Las mezclas pueden ajustarse para mejorar la fluidez. Pueden adicionarse aditivos, para modificar los tiempos de fraguado y otras características. Adicionando agentes espumantes al RFRC se producen rellenos ligeros y aislantes.
Resistencia y durabilidad	La capacidad de carga de los RFRC es generalmente mayor que la de los suelos compactados o rellenos granulares. El RFRC también es menos permeable, así que es más resistente a la abrasión. Para su uso como relleno permanente el RFRC puede ser diseñado para alcanzar hasta 8.3 MPa (1200 psi).
Permite una rápida apertura al tráfico	Debido a que muchos RFRC son colocados rápidamente y soportan las cargas del tráfico dentro de pocas horas, el tiempo de reparación de pavimentos es mínimo.
No presenta asentamientos	El RFRC no forma oquedades durante su colocación y no sufre asentamientos o roderas bajo la aplicación de las cargas. Esta ventaja es especialmente significativa si el relleno va ser cubierto por una reparación del pavimento. Los suelos o rellenos granulares, si no son compactados adecuadamente pueden asentarse posteriormente a la

	colocación del pavimento, formando grietas o hundimientos en el camino.
Reduce costos de excavación	El RFRC permite zanjas más angostas, debido a que no se requieren mayores anchos para el equipo de compactación.
Mejora la seguridad de los trabajadores	Los trabajadores pueden colocar el RFRC en la zanja, sin entrar a ella, reduciendo su exposición a posibles derrumbes.
Permite la construcción en cualquier clima	El RFRC generalmente desplazará cualquier estancamiento de agua en la zanja debidos a lluvia o derretimiento de nieve, reduciendo la necesidad de bombas. Para colocar el RFRC los materiales pueden ser calentados usando los métodos para concreto premezclado.
Puede ser excavado	Los RFRC con resistencias a compresión de 0.3 a 0.7 MPa puede ser excavado con equipo convencional y sigue siendo lo suficientemente resistente para la mayoría de los requerimientos de un relleno.
Requiere menos Supervisión	Durante la colocación, los rellenos deben ser evaluados después de cada capa. Referente a la compactación, el RFRC es autocompactable y no requiere de estas pruebas en campo.
Reduce las necesidades de equipo	A diferencia de los suelos o rellenos granulares, el RFRC puede ser colocado sin cargadores, rodillos o pisones.
No requiere Almacenamiento	Debido a que los camiones revolvedores entregan las convenidas, no es necesario almacenar el material.
Hace uso de un material producto de la combustión del carbón	La ceniza volante es un subproducto de las plantas que queman el carbón para generar electricidad. El RFRC que contiene ceniza volante brinda un beneficio ambiental haciendo uso de este producto.

FUENTE: (Huerta,2005)

2.3. Definición de términos básicos

Excavabilidad

Es el grado de dificultad que tiene un material al momento de ser excavado o retirado de una determinada área.

RFRC

Relleno fluido de resistencia controlada, en algunas partes de Sudamérica se le denomina lodocreto.

Agregado

Material granular, tal como la arena, grava, piedra molida, hormigón de cemento hidráulico molido o escoria de alto horno molida, empleado junto con un medio de cemento hidráulico para elaborar hormigón o mortero (Comité ACI 116 , 2009).

Asentamiento

slump - Medición, con una aproximación de $\frac{1}{4}$ pulg. (6 mm), de la consistencia del hormigón, mortero o enlucido nuevo equivalente al asentamiento de una muestra justo después de retirar el cono de asentamiento. (Comité ACI 116 , 2009).

Cemento Portland

Término que se usa en el Reino Unido y otros países para designar el equivalente del cemento pórtland normal o Tipo I de los estadounidenses; en inglés frecuentemente se utilizan las siglas (Comité ACI 116 , 2009).

Curva de gradación granulométrica

Representación gráfica de las proporciones de los distintos tamaños de partícula de una sustancia granular; se obtiene trazando los porcentajes totales o individuales de material que pasa a través de tamices específicos cuyas aberturas forman una serie definida (Comité ACI 116 , 2009).

Dosificación

Acción de pesar o medir volumétricamente e introducir en la mezcladora los ingredientes de un pastón de hormigón o mortero (Comité ACI 116 , 2009).
Selección de las proporciones de los elementos a fin de utilizar los materiales de la manera más económica posible para producir un mortero u hormigón con las propiedades requeridas.

Ensayo de compresión

Ensayo que se realiza sobre una probeta de mortero u hormigón para determinar su resistencia a la compresión; a menos que se especifique lo contrario (Comité ACI 116 , 2009). la NTP 339.034 define que método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. Dividiendo la mayor fuerza alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal de la probeta, se calcula la resistencia a la compresión de la probeta. Si bien es cierto es una norma que aplica para ensayos de concreto también será usado para nuestros ensayos de nuestro material RFRC.

Fundación

Elementos estructurales a través de los cuales se transmite al suelo la carga de una estructura (Comité ACI 116 , 2009).

Resistencia a la compresión

Fuerza máxima por unidad de sección transversal que puede medirse en una probeta de hormigón o mortero sometida a una carga de compresión axial; esta resistencia es también el valor que se requiere para los cálculos de diseño. (Comité ACI 116 , 2009).

Suelo

Término genérico que designa el material no consolidado de la superficie natural ubicado encima del lecho rocoso (Comité ACI 116 , 2009).

Suelo Cemento

Mezcla de suelo y cantidades dosificadas de cemento pòrtland y agua, compactada a alta densidad (Comité ACI 116 , 2009).

Fraguado

Estado alcanzado por la pasta cementosa, el mortero o el hormigón que ha alcanzado un grado arbitrario de pérdida de flexibilidad; suele expresarse en términos de resistencia al deterioro o a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidización; y final se refiere a una rigidez significativa; también, deformación remanente luego de retirada la tensión (Comité ACI 116 , 2009).

ASTM

Asociación Americana de prueba de materiales. Por sus siglas en inglés “American Standard Test Materials”.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

A través del planteamiento para la mejora de las propiedades mecánicas del suelo mediante la utilización del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) elaborando diseños de mezcla con resistencias variables se podrá realizar óptimos rellenos y servirá como sustituto de relleno estructural convencional, Pasco 2022

2.4.2. Hipótesis específicas

- El uso del Relleno Fluido de Resistencia controlada influye en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo para un buen desempeño de este, y servirá como base para futuros proyectos de construcción, Pasco 2022.
- El RFRC por ser un material innovador y con muy buenos resultados en los proyectos donde se pusieron en práctica aporta beneficios en tiempo, costo, alcance y calidad en proyectos de construcción, Pasco 2022.

- Se logrará elaborar un procedimiento para la elaboración y aplicación del RFRC teniendo en cuenta condiciones más relevantes en proyectos, Pasco 2022.
- Se lograrán mejoras mecánicas con los diseños de mezcla de RFRC con resistencias de 4 kg/cm², 6 kg/cm² y 8 kg/cm² y estas serán óptimas como relleno estructural en proyectos, Pasco 2022.
- El relleno fluido de resistencia controlada es un remplazo óptimo para los diferentes tipos de rellenos estructurales, partiendo de la mejora en sus propiedades mecánicas y su aplicación en proyectos, Pasco 2022.
- El suelo, el agua y el cemento influyen la mejora de las propiedades mecánicas del (RFRC) para su utilización en proyectos, Pasco 2022

2.4.3. Hipótesis estadística

$$H_0 \rightarrow M_1 = M_2$$

$$H_1 \rightarrow M_1 \neq M_2$$

$$H_2 \rightarrow M_2 \neq M_3$$

Del cual:

$$M_1 = \text{Cemento} + \text{Agregados combinados} + \text{Agua}$$

$$M_2 = \text{Cemento} + \text{Agregados combinados} + \text{Agua}$$

$$M_3 = \text{Cemento} + \text{Agregados combinados} + \text{Agua}$$

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Esta variable será la que el investigador manipulará en el proyecto de investigación experimental.

X1: Diseño del relleno fluido de resistencia controlada con porcentajes variables de adición de cemento.

2.5.2. Variable dependiente

Y1: Comportamiento mecánico del Relleno Fluido de Resistencia Controlada.

2.5.3. Variable interviniente

Las variables intervinientes vienen a ser características que de alguna manera afectan el resultado y que están relacionados con las variables dependientes e independientes.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

La operacional de variables e indicadores de la presente investigación son las siguientes:

Tabla 3. Operacionalización e variables

VARIABLES			DIMENSIONES	NORMAS E INDICADORES	METODOS E INSTRUMENTOS
Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional			
Comportamiento mecánico del Relleno Fluido de Resistencia Controlada.	Las propiedades del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) dependen del diseño de la mezcla que se emplee. El relleno fluido es una mezcla de cemento, agregado fino, algunas veces agregado grueso, agua e incluso de aire en casos especiales.	El relleno fluido en estado endurecido y sus propiedades mecánicas son superiores a las normalmente obtenidas en suelos. A este material se le ha catalogado como un "super suelo" Entre ellas se verán la resistencia, módulo de rotura, módulo de elasticidad, dinámico, valor relativo de soporte, contracción, retracción, aislamiento térmico, excavabilidad, permeabilidad y densidad.	Resistencia a la compresión. Tiempo en la que el RFRC alcanza el 100% de su capacidad	Normas ACI estándares. Curva esfuerzo-deformación	METODOLOGIA -Investigación: Experimental e tipo cuantitativo
Variable Independiente					INSTRUMENTOS LABORATORIO
Diseño del relleno fluido de resistencia	El Relleno Fluido, que se define como un "material de baja	Según (CIP 17,2013) El relleno fluido es un material	Funciones y Beneficios estructurales	Estándares de calidad de un suelo mejorado	-Equipos de ensayo para

controlada porcentajes variables adición cemento.	con de de	resistencia controlada" (MBRC), es un cementante que puede emplearse principalmente en trabajos de nivelación de terreno o allí donde se requiera una compactación igual o mejor que la de un suelo compactado	autocompactante de baja resistencia con una consistencia fluida, que es utilizado como material de relleno económico, como alternativa al relleno granular compactado. El relleno fluido ni es concreto (hormigón) ni es utilizado para reemplazar el concreto.	Factor de calidad de tiempo	-Calidad del RFRC -Tiempo de endurecimiento del RFRC	determinar la resistencia de los Testigos de RFRC GABINETE -Hojas de cálculo para el procesamiento de datos -Muestra: Muestreo no probabilístico. -Fotografías
				Diseño de mezcla	-Granulometría -Dosificación -Características generales -Consistencia	
				Manual con procedimientos de aplicación	Manuales internacionales de aplicación RFRC	
				Propiedades Físicas Y químicas	-Adherencia a la compresión -Resistencia a la abrasión -Seguridad	
				Calidad de los materiales intervinientes	Reglamento Nacional de Edificaciones	
Variable Interviniente				Condición climática	-Temperatura -Presión Atmosférica -Precipitaciones -Viento	Sist. de Análisis de Datos

FUENTE: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación de la presente investigación es experimental, ya que la variable independiente tiene efecto sobre la dependiente y tendrá un enfoque de investigación **Cuantitativo** ya que para obtener los resultados va a ser necesario el uso de datos numéricos y estadísticos.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue de tipo experimental, y para lo cual se realizaron diferentes ensayos tanto del suelo material principal para el RFRC y demás elementos que intervinieron y medición de propiedades mecánicas de los rellenos fluidos.

3.3. Métodos de investigación

En la presente investigación como se menciona tuvo por método el Cuantitativo ya que el punto de partida es la hipótesis propuesta y que mediante pruebas y el uso de herramientas estadísticas y matemáticas tratamos de probar con el propósito de cuantificar nuestro problema.

Se sostiene en el planteamiento y elaboración de distintos diseños de mezcla de relleno fluido de resistencia controlada diseñado a partir de la incorporación de diferentes porcentajes de cemento del tipo I en porcentajes de 2% 2.5% 3% y cuyos resultados fueron observables, medibles, explicables y verificables.

Estos métodos fueron: Deductivo, inductivo, estadístico, descriptivo, a partir de los principios generales y con las reglas de inferencia que con principios secundarios se demuestran.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental analizado mediante grupos aleatorizados y post prueba; por ello se elaboró 3 diseños de mezcla con 8 probetas cada una, para incrementar la resistencia a la compresión mediante procesos experimentales estos ensayos determinaran la veracidad de la hipótesis planteada, se dará de la siguiente manera:

$$\mathbf{RG_1} \text{ ----- } \mathbf{X} \text{ ----- } \mathbf{O_1}$$

Donde la variable RG1

RG1 : Desempeño del RFRC.

X : RFRC con diferentes dosificaciones en cuanto a cada uno de los materiales que intervienen.

O1: Descripción y observaciones después del tratamiento experimental (uso de distintas dosificaciones para la obtención de diferentes resistencias)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población determinada para este estudio es de tipo finita y por el tipo de investigación nuestra población estará conformada por 24 probetas con dimensiones de 15x30cm que fueron elaboradas para alcanzar resistencias variables según el % de cemento que se le añadió estas son observables, medibles y cuantificables.

3.5.2. Muestra

La muestra para el siguiente trabajo de investigación es de tipo “Muestra no probabilística” ya que se basa a la elección de los elementos los cuales no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación.

La presente investigación consta de 3 diseños de mezcla con 8 probetas cada una que serán ensayadas a diferentes edades:

- **El primer diseño corresponde al diseño de mezcla con una resistencia de 4 kg/cm² N°1:**

Cemento 2% + Suelo + Agua.

- **El segundo diseño de mezcla con una resistencia de 6 kg/cm² N°2:**

Cemento 2.5% + Suelo + Agua.

- **El Tercer diseño de mezcla con una resistencia de 8 kg/cm² N°3:**

Cemento 3% + Suelo + Agua.

Se tienen muestras extraídas para determinar la resistencia a la compresión del diseño de mezcla realizado; las muestras obtenidas se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C42 y las especificaciones técnicas del proyecto; se extraerán como mínimo 3 testigos para cada edad 3, 7, 14, 28 días.

A continuación, se muestra la cantidad de ensayos a ejecutarse para evaluar el desempeño del RFRC.

Tabla 4. Cantidad de muestras para evaluación del RFRC.

Muestras	Resistencia a 3 día	Resistencia a 7 días	Resistencia a 14 días	Resistencia a 28 días
RFRC 4 kg/cm ²	2	2	3	1
RFRC 6 kg/cm ²	2	2	3	1
RFRC 8 kg/cm ²	2	2	3	1

FUENTE: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que utilizaremos se realizará por medio del sistema de observación; los instrumentos a utilizar serán los equipos de laboratorio, ensayos de acuerdo a normas tales como la ACI 229R, ASTM D-1196, etc. Además de hojas de cálculo registros que serán útiles para el procesamiento de datos.

- Se analizará la resistencia a la compresión de testigos de los tres diseños de mezcla con distinto porcentaje de adición de cemento Tipo I (2%, 2.5%, 3%).
- Evaluaremos mediante observación y recolectaremos datos de esfuerzo - deformación de los tres grupos de ensayos (24 testigos con distintos refuerzos).
- Evaluaremos las características del RFRC a ser empleado para las muestras
- Observaremos y evaluaremos los materiales y equipos utilizados para nuestros diseños.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para la selección y recolección de datos serán los profesionales en sus respectivos campos y de los instrumentos, es decir la presente investigación será

validada por nuestro asesor de tesis y verificado por nuestra casa de estudios. En cuanto a los estudios estos serán validados por las normas peruana de concreto y ASTM.

3.8. Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos

El procesamiento de los datos recolectados se realizará mediante comparación entre grupo y relación entre variables, y se realizaran mediante cálculos, ordenamientos, procesamientos de datos, cálculos y tabulación para así terminar con el análisis e interpretación.

3.9. Tratamiento estadístico

Se utilizará la estadística descriptiva para cada variable luego se hará el tratamiento de estadístico de los datos para determinar la distribución normal de estos y así escoger la prueba estadística y poder probar la hipótesis y comprender mejor los resultados obtenidos, que serán representados en cuadros y gráficos estadísticos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Esta investigación se ha realizado tomando como base de estudios ah autores internacionales y nacionales que ahondaron minuciosamente el tema, además de experiencias en campo y/o obra con el tema en cuestión donde este material fue usado. Respetando todos los códigos de ética de nuestra casa de estudios y principalmente el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y de CONCYTEC.

Toda la información y datos obtenidos en esta presente investigación mediante pruebas y ensayos de laboratorio se realizaron utilizando los métodos acordes a la objetividad del caso y siguiendo los estándares que las normas técnicas aplicadas a la construcción.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

Lo que se desea en esta investigación es la corroboración de que un Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) se convertirá en una opción viable para mejorar las propiedades mecánicas de un suelo, así como los otros métodos que comúnmente usamos en la ciudad de Cerro de Pasco, por ello es necesario realizar ensayos al material utilizado extraído del terreno de nuestra casa de estudios UNDAC-PUCAYACU, así como también la realización de un correcto diseño de mezcla.

4.1.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación

El terreno de donde se extrajo el material para el presente estudio se encuentra ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, departamento de Pasco, dicho terreno pertenece a la Universidad nacional Daniel Alcides Carrión también conocido como Pucayacu.

Ubicación geográfica

- **Longitud** : 74°36'32" y 76°43'18" O
- **Latitud** : 9° 34' 23" S
- **Altitud** : 4,382 m.s.n.m.

Ubicación política

- **Región** : Pasco
- **Provincia** : Pasco
- **Distrito** : Yanacancha
- **Sector** : Pucayacu

La Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, se encuentra ubicada en la ciudad San Juan de Pampa en el distrito de Yanacancha, Provincia Pasco en la región Pasco, a una altitud de 4,382 m.s.n.m., ubicado en la parte central del territorio peruano, al este de la cordillera occidental, abarcando zonas andinas y de la selva amazónica, que comprende la cuenca alta y media del río Pachitea, entre los paralelos 9° 34' 23", 10° 35' 50" de Latitud Sur y los 74° 11' 59", 74° 11' 59", 76° 13' 33", 76° 43' 13" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Límites y Linderos

El terreno en cuestión perteneciente a nuestra Universidad ubicado en la zona denominada Pucayacu pose ser accede por el acceso PA-558 a la cual se desde la Av. Los Proceres de San Juan Pampa.

Accesibilidad

Al terreno ser accede por el acceso PA-558 a la cual se desde la Av. Los Proceres de San Juan Pampa.

Límites y Linderos

El terreno consta de dos áreas que encierran un área aproximada de $A1=216929.43 \text{ m}^2$ y un $A2=36929.43 \text{ m}^2$, el terreno de donde se extrajo la muestra es del A2.

Figura 4. Áreas de estudios y punto exacto de extracción del material



FUENTE: Elaboración propia

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Ensayos del material Suelo- Agregado

Características del Subsuelo

Perfil del suelo

Existen diferentes tipos de suelos en el terreno del sector Pucayacu perteneciente a la Universidad ya que este cuenta con dos lotes y cada una de ellas con una considerable área.

La zona en cuestión de donde se extrajo la muestra pertenece área 2 tal y como lo indica la figura 4 lugar donde se tiene previsto la construcción de un PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales) tal como lo indica el expediente

técnico: “Instalación de servicios básicos y urbanísticos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión-Pucayacu-Pasco-Pasco”, para lo cual se hicieron trabajos de movimiento de tierras de aproximadamente 4.0 m.

Lo que se registró en el punto de extracción (C-1) fue una capa superior de material orgánico de 0.25 m de espesor un suelo altamente orgánico compuesto por limos y suelo turbio. Debajo del material orgánico se encontró lo que se presumió que era una capa de arena (SP) mal graduada de aspecto muy denso de 0.25 m a 0.80 m de espesor en promedio en todo el perfil observable. Y subsiguiente debajo de SP se encontró el estrato del material con el que se trabajó y que el laboratorio definió como una Arena limosa (SM) con profundidades comprendidas de 0.80 m a 4.0 m este es el límite de la profundidad investigada.

- **Nivel freático**

En el movimiento de tierra y las calicatas realizadas por anteriores estudios de la zona investigada y alrededores del terreno de Pucayacu no se encontró nivel freático dentro de la profundidad investigada (4.0 m).

Análisis granulométrico

Tal como lo mencionado en el marco teórico el material a utilizarse el suelo o también conocido como agregado, debe necesariamente ser ensayados con normas nacionales o internaciones para así determinar si es un material óptimo para un determinado proyecto.

a. Procesamiento

- Se obtendrá una muestra del punto ya mencionado y de acuerdo a la NTP 339.128, por tanto, se procederá con el cuarteo y se tomará la muestra para el ensayo.

- La cantidad mínima de muestra requerida para suelo arenosos son 0.115 kg
- Para el análisis granulométrico la cantidad de muestra necesaria depende de la proporción entre finos y gruesos, a continuación, se muestra una tabla con algunos valores que pueden servir para tener una idea clara.
- Para este caso durante los ensayos se tomó una muestra de 6.0 kg para el análisis correspondiente del punto de Pucayacu respectivamente.
- Luego se seleccionará los tamices a utilizar según lo requerido en el proyecto y que esta normada en la NTP 339.128, mencionado anteriormente en la presente investigación, y como ya se conoce se procederá a ordenar de manera decreciente según la abertura del tamiz.
- Subsiguiente a este procedimiento se procede a tapar y zarandear la muestra de manera manual para comenzar por un tiempo no mayor a los 10 minutos, cabe la posibilidad de usar un agitador mecánico, pero este se usa para muestras mayores de 20 kg.
- Así cada cantidad de la muestra retenida en cada uno de los tamices se cuantifica en la balanza obteniendo de esta manera el peso retenido, para las conclusiones sobre dicho material.

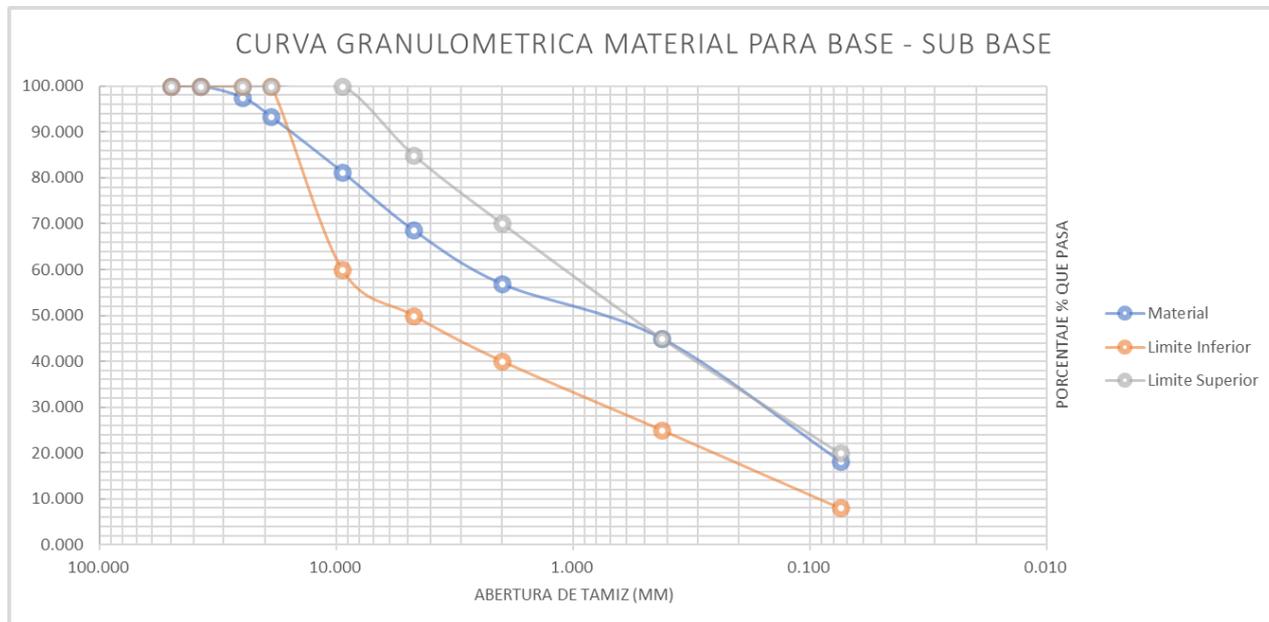
Se obtuvieron los siguientes resultados del suelo analizado.

Tabla 5. Tabla de análisis granulométrico del material a utilizar

TAMIZ N°	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM D-1241-68
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	25.000	149.00	2.48	2.48	97.52	100
3/4"	19.000	250.00	4.17	6.65	93.35	100
3/8"	9.500	724.00	12.07	18.72	81.28	60-100
N°4	4.750	761.00	12.68	31.40	68.60	50-85
N°10	2.000	707.00	11.78	43.18	56.82	40-70
N°40	0.425	709.00	11.82	55.00	45.00	25-45
N°200	0.075	1603.05	26.72	81.72	18.28	8-15
CAZOLETA	0.000	1096.95	18.28	100.00	0.00	
TOTAL		6000.00	100			

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 1. Gráfico de curva granulométrica del material



FUENTE: Elaboración propia

El cual cumple con el huso granulométrico (Gradación D) rangos de materiales para subbase y base de la norma ASTM D-1241-68 (Reapproved 1994) y que cumple con las especificaciones técnicas que el suelo debe tener para ser

utilizados como parte del Relleno fluido de resistencia controlada planteada en la investigación, así como con las normas peruanas vigentes.

b. Porcentaje de materiales en la muestra

La muestra mediante el análisis granulométrico dio como resultados la cantidad de material que posee, la cual se mostrara en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tabla en porcentajes del material

% Grava	31.40%
% Arena	50.32%
% De finos	18.28

FUENTE: Elaboración propia

c. Clasificación SUCS Y AASHTO del material

Existen dos sistemas de clasificación para los suelos las cuales son el SUCS y el AASHTO, estos métodos utilizan dos parámetros fundamentales para su clasificación, los cuales son la granulometría y los límites de Atterberg.

Tabla 7. Clasificación del material

Clasificación	
SUCS	SM
AASHTO	A-1-b (0)

FUENTE: Elaboración propia

Ensayo de límites de consistencia

Los ensayos se realizaron siguiendo las bases de la NTP 339.129 ya que esta es la principal norma aplicable en nuestro país.

Limite liquido

a. Procesamiento

- Este ensayo se realiza con el material seco es decir el material que paso por el proceso de secado en el horno.
- Se toma el material que pasa el tamiz N°40 una cantidad aproximada de 300 g y seguidamente se le agrega agua hasta hacer la muestra pastosa y homogénea y se deja reposar por al menos 15 horas antes del ensayo.
- Una vez transcurrido el tiempo necesario para que el material se sature, se mezcla con la espátula para dar homogeneidad segura.
- Una vez teniendo la copa de Casagrande con una altura de caída de 1 cm y debidamente calibrada se procede a colocar la pasta de manera uniforme en toda la copa de aproximadamente 1 cm y con superficie paralela a la base de la máquina.
- Se elabora la ranura utilizando un acanalador y seguidamente se gira el mango de la maquina a manera de dos golpes por segundo hasta que las paredes generadas por el acanalador se cierren.
- Se hacen cortes transversales en la zona donde se ha producido la unión de las dos paredes, seguidamente se coloca el material extraído en un envase para tomar la humedad se pesa y se lleva al horno a 110 ± 5 ° C de temperatura hasta que este seco.

$$WL = \%WXK$$

Donde:

$\%W$ = Porcentaje de humedad

K = Es el factor en función del número de golpes

$$k = \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Se muestra los resultados de los ensayos de limite y los cálculos:

Tabla 8. Promedio de Factor K

N° de golpes	FACTO K Para LL
17	0.9544
23	0.9899
28	1.0138
34	1.0379

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9. Resultados de limite liquido

N° de Tarro	1	2	3	4
% de Humedad	15.71	15.45	15.15	14.77
LL	14.99	15.29	15.35	15.32

FUENTE: Elaboración propia

Por tanto, se hará un promedio, el límite Liquido será:

$$LL = 15$$

Limite plástico

a. Procesamiento

- Con el material restante del ensayo de plasticidad se debe masar hasta que este sea moldeable y consistente.
- Sobre una superficie lisa se elabora hilos o hembras con un diámetro aproximado de 2.5 mm, este proceso se repite hasta que el material por perdida de humedad comience a resquebrajarse y el hilo se corte a un 1 cm aproximadamente el cual es indicador de que este material alcanzó el límite plástico.

- Los trozos que van quedando por el procedimiento anterior se colocan en un recipiente hasta alcanzar los 25 g aproximadamente para la toma de humedad, se pesan y seguidamente se llevan al horno a una temperatura de aproximadamente $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hasta que obtenga el estado seco.
- Luego de que el material este seco se procede con el pesaje y el cálculo del límite plástico
- Por recomendación se deben hacer dos ensayos por separado del límite plástico y estos resultados no deben diferir en más de 0.5% ya que si no se tendría que hacer nuevamente dichos ensayos.

$$WP = \text{Promedio aritmetico de \%w}$$

%W = Contenido de humedad

Tabla 10. Resultados de limite plástico

N° de Tarro	1	2	3
% de Humedad	13.37	13.05	13.21

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio LP} = 13.21 \cong 13$$

Índice de plasticidad

El Ip es simplemente la diferencia entre el límite liquido (LL) y el límite plástico (LP)

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 15 - 13 = 2$$

Contenido de humedad

Para realizar dicho ensayo y determinar y poder determinar el contenido de humedad del material extraído, por lo cual nos basaremos en la NTP 139.127.

a. Procesamiento

- Se selecciona el material y seguidamente se cuartea la muestra para obtener uniformidad y ser más exactos.
- Luego zarandamos la muestra de suelo seleccionado por el tamiz N°04, y todo lo que pasa por dicho tamiz se seleccionara para el ensayo.
- Pesamos este material así como el recipiente, y teniendo el peso parcialmente seco, se introduce al horno con una temperatura de 110 ± 5 ° C, por 24 horas.
- Una vez transcurrido las 24 horas se pesa la muestra para así obtener el contenido de humedad.

Se aplica la siguiente fórmula para así determinar el porcentaje de humedad (%)

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{W_s - W_H}{W_H}$$

WS = Peso de la muestra seca (gr)

WH = Peso de la muestra húmeda (gr)

Como ya es de conocimiento todos los resultados de estos ensayos también se encuentran en los anexos de la presente investigación, se muestra a continuación el contenido de humedad arrojado en 3 capsulas distintas.

Tabla 11. Resultados de contenido de humedad

Ensayo N° 1	1	2	3
Contenido de Humedad	3.96	4	3.84

FUENTE: Elaboración propia

Por tanto, el promedio será:

$$\text{Contenido de Humedad} = 3.93$$

4.2.2. Diseño de mezcla

Antecedentes

Actualmente no existe un método específico de dosificación para el relleno fluido de baja resistencia controlada; los métodos que se utilizan para morteros y concretos corrientes no son apropiados, por tanto, es habitual proceder por tanteos hasta conseguir las propiedades deseadas. En algunos trabajos se ha utilizado el método de "Selección de las proporciones para concreto normal en peso y masa, (ACI 211)" y se ha afirmado que es fiable su uso. El diseño de la mezcla varía según los requerimientos de cada obra, tal como se puede observar en algunos ejemplos de dosificaciones utilizadas en varias obras, realizadas en países como Canadá, Estados Unidos y México, con diferentes alternativas de aplicación como se puede observar en algunos de los proyectos que se exponen a continuación:

Caso 1. En Toronto Canadá, el contratista ELES DON realizó un relleno en el paso subterráneo Spadina, debajo de la autopista Halen, que era importante reabrir al tráfico en el menor tiempo posible. La excavación se hizo a más de 15 metros con un volumen total de 7.700 m³ de relleno. Para reducir el tiempo de construcción se utilizó el "relleno fluido que no encoge" (RFSE), con la dosificación que aparece en la Tabla 12.

Caso 2. Se disponía de cuatro horas para rellenar una zanja en una calle de alto tráfico en San Francisco (California). El relleno fluido que no encoge cuya dosificación aparece en la Tabla 12, se colocó a una profundidad de 1.5 m por encima de la tubería, después de treinta minutos se colocó el geotextil y encima de este, una capa de concreto de 30 cm., que al fraguar lo suficiente, permitió abrir la calle al tráfico a las cuatro horas estipuladas.

Caso 3. En las Vegas, se realizó el relleno de una zanja en la cual se colocó una tubería de PVC de 20 cm. de diámetro, para proteger unos cables eléctricos que se encontraban dentro de esta. Se utilizó el relleno fluido que no encoge, con un contenido de aire en la mezcla de 30% y una densidad de 1600 kg/m³, con el fin de mantener los tubos sumergidos hasta conseguir el fraguado inicial; la dosificación utilizada se puede apreciar en la Tabla 12.

Tabla 12. Dosificación utilizada en casos anteriores

MATERIALES	CANTIDAD DE MATERIALES		
	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Cemento (kg)	25	120	60
Arena (kg)	1365	1540	1420
Agua (Its)	140	145	175
Darifil (ml)	115	115	115
Contenido de aire (%)	28	20	30
Acelerante (Its)	-	8	-

FUENTE: Elaboración propia

Las propiedades del relleno fluido dependen del diseño de la mezcla que se emplee. En Perú lo que se conoce como relleno fluido es una mezcla de cemento, agregado fino, algunas veces agregado grueso, agua y células de aire, generalmente incluidas entre 15 y 25% del volumen, en tanto en Estados Unidos, donde hay una mayor variedad de rellenos fluidos o CLSM como los conocen.

En Perú raramente se producen rellenos fluidos con adición de cemento, en los que generalmente no se incluyen células de aire, lo que genera materiales con propiedades diferentes. Los rellenos fluidos que no contienen aire presentan altas demandas de agua, mayor contracción, menor homogeneidad debido a una mayor tendencia a la segregación, y para ciertos niveles de resistencia muestran mayor dificultad para la excavación, por otro lado, en general tienen menor permeabilidad. En nuestro país para el diseño de rellenos fluidos generalmente brinda mejores propiedades para la mayoría de aplicaciones por la variedad de suelos existentes.

Diseño de mezcla propuesta para la investigación

De acuerdo a los alcances del proyecto de investigación el material de referencia para todos los tipos de diseño de relleno que se usaran, será proveniente de la zona de Pucayacu, para ello realizamos el planteamiento del mejoramiento de la fundación con una mezcla denominada Relleno Fluido, con el material que cumpla con las características descritas en el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE en las Normas: E.050 Suelos y Cimentaciones y CE.020 Estabilización de Suelos, que abarca de manera superficial este tema. Por tanto, nos apoyaremos además de las normas internacionales tales como la ACI 229R “Materiales controlados de baja resistencia”, este nos da más alcance sobre el material y su diseño, y también por la norma ASTM D-4832 “Preparación y

Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)”.

La norma peruana CE. 020 estabilización de suelos en su ítem 6.1.1.2. habla sobre la estabilización con cemento en estado seco y fluido donde nos ofrece algunos alcances para el diseño de este relleno fluido las cuales son:

- En el suelo, los finos pasantes por el tamiz N°200, necesariamente se tienen que encontrar en el rango de 5% y 35%, antes de ser incorporados a los demás elementos del diseño de mezcla.
- Mediante los ensayos de granulometría se controlará dicho material.
- Se tendrá que verificar que los límites de consistencia estén en los rangos aceptables como un Límite líquido menor a 50% y un índice de plasticidad menor al 25%.
- El relleno debe de variar entre los rangos 1% a 4% con un máximo de 6 % si se desea conseguir un material flexible y fácil de excavar, para rellenos rígidos se utilizará un rango entre 6% a 14% de cemento.
- Así mismo esta norma no nos brinda tablas de dosificación o diseños de mezcla que sirvan de base para elaborar nuestro relleno, para lo cual se realizaron los ensayos de mecánica de suelos que sustentan y califican el suelo del lugar para su uso en la preparación de este relleno fluido.

Para determinar las propiedades físicas de las muestras, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio de mecánicas de suelos de acuerdo a los procedimientos de la ASTM.

- Determinación del contenido de humedad D2216
- Análisis granulométrico por tamizado D422
- Límite líquido, plástico e índice de plasticidad D4318
- Clasificación de suelos, sistema SUCS D2487

Resistencia de Diseño

Para la resistencia de diseño para esta investigación nos basamos en lo especificado que se requiere para que un relleno y/o suelo sea aceptable como base para una edificación u cualquier otro proyecto de infraestructura, o siempre y cuando cumpla con una resistencia a la compresión admisible dependiendo del fin que se dará ya sea estructural y no estructuralmente que va desde los 2 kg/cm² hasta los 90 kg/cm².

Así mismo es necesario tomar en consideración lo especificado en las normas ya antes mencionadas CE 020 Estabilización de suelos y la norma ACI 229R Para este tipo de relleno.

Cálculo del contenido de cemento

Lo que indica las normas utilizadas para que el suelo o relleno tenga la resistencia a la compresión adecuada y pues para ser un reemplazo como material de base tiene que tener como mínimo un $f'c = 2 \text{ kg/cm}^2$ y por tanto, nos recomienda una dosis mínima de 1 al 6% de cemento del total de la mezcla, por cual nuestro diseño estará en el rango mencionado. Ya que además este rango de diseño de mezcla nos permite que posteriormente sea excavable que es lo que en un suelo es común.

Cálculo del contenido de Agua

El cálculo para el agua a utilizar estará en relación de la dosificación propuesta para las resistencias requeridas en esta investigación. Las consideraciones son que el agua debe estar limpia y estar libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas.

a) **Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 3.0%**

Relleno fluido de Resistencia controlada de $f'c = 8 \text{ kg/cm}^2$

Características del Relleno fluido de resistencia controlada RFRC que debe poseer para el diseño:

Datos del diseño

Resistencia del diseño	: 8 Kg/cm ²
Slump entre	: (4",6") para su trabajabilidad y verificación de resistencia a la compresión.
Mejoramiento del tipo	: Flexible

Datos de los materiales

Cemento:

Peso específico del cemento : 3150 kg/m³ = 42.5 kg

Porcentaje de Cemento : 3.0 %

Agua:

Peso específico del agua : 1000kg/cm³

Material (Suelo)

Tipo de suelo : De acuerdo a la clasificación SUCS SM, siendo un material compuesto de Arena limosa con contenidos de limos y escasamente arcillas lo cual aporta con el índice de plasticidad necesario.

Densidad suelta del material : 1.74 g/cm³

Limite liquido : 15.00

Limite Plástico : 13.00

Índice de plasticidad : 2.00

Contenido de Humedad : 3.93%
 % de grava : 31.40 %
 % de arena : 50.32%
 % de finos : 18.28%

En la parte de los anexos que se encuentra al final de la presente investigación, se muestra las hojas de cálculo de este diseño. A continuación, se muestra el cuadro de resumen del diseño de mezcla realizado y su proporción utilizada.

Tabla 13. Proporción de diseño al 3.0%

Diseño al 3.0 % (Peso seco)		
Materiales	Unidades	RFRC
Cemento	Kg	78.5
Agua	Lt	11.5
Suelo o Agregado	kg	2.355

FUENTE: Elaboración propia

b) Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 2.5%

Relleno fluido de Resistencia controlada de $f'c = 6 \text{ kg/cm}^2$

Características del Relleno fluido de resistencia controlada RFRC que debe poseer para el diseño:

Datos del diseño

Resistencia del diseño : 6 Kg/cm²
 Slump entre : (4",6") para su trabajabilidad y verificación de resistencia a la compresión.
 Mejoramiento del tipo : Flexible

Datos de los materiales

Cemento:

Peso específico del cemento : $3150 \text{ kg/m}^3 = 42.5 \text{ kg}$

Porcentaje de Cemento : 2.5 %

Agua:

Peso específico del agua : 1000 kg/cm^3

Material (Suelo)

Tipo de suelo : De acuerdo a la clasificación SUCS SM, siendo un material compuesto de Arena limosa con contenidos de limos y escasamente arcillas lo cual aporta con el índice de plasticidad necesario.

Densidad suelta del material : 1.74 g/cm^3

Limite liquido : 15.00

Limite Plástico : 13.00

Índice de plasticidad : 2.00

Contenido de Humedad : 3.93%

% de grava : 31.40 %

% de arena : 50.32%

% de finos : 18.28%

En la parte de los anexos que se encuentra al final de la presente investigación, se muestra las hojas de cálculo de este diseño. A continuación, se muestra el cuadro de resumen del diseño de mezcla realizado y su proporción utilizada.

Tabla 14. Proporción de diseño al 2.5%

Diseño al 2.5 % (Peso seco)		
Materiales	Unidades	RFRC
Cemento	Kg	77.4
Agua	Lt	11.3
Suelo o Agregado	kg	1.935

FUENTE: Elaboración propia

c) **Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 2.0%**

Relleno fluido de Resistencia controlada de $f'c = 4 \text{ kg/cm}^2$

Características del Relleno fluido de resistencia controlada RFRC que debe poseer para el diseño:

Datos del diseño

Resistencia del diseño : 4 Kg/cm^2

Slump entre : (4",6") para su trabajabilidad y verificación de resistencia a la compresión.

Mejoramiento del tipo : Flexible

Datos de los materiales

Cemento:

Peso específico del cemento : $3150 \text{ kg/m}^3 = 42.5 \text{ kg}$

Porcentaje de Cemento : 2.0 %

Agua:

Peso específico del agua : 1000 kg/cm^3

Material (Suelo)

Tipo de suelo : De acuerdo a la clasificación SUCS SM, siendo un material compuesto de Arena

limosa con contenidos de limos y escasamente arcillas lo cual aporta con el índice de plasticidad necesario.

Densidad suelta del material	: 1.74 g/cm ³
Limite liquido	: 15.00
Limite Plástico	: 13.00
Índice de plasticidad	: 2.00
Contenido de Humedad	: 3.93%
% de grava	: 31.40 %
% de arena	: 50.32%
% de finos	: 18.28%

En la parte de los anexos que se encuentra al final de la presente investigación, se muestra las hojas de cálculo de este diseño. A continuación, se muestra el cuadro de resumen del diseño de mezcla realizado y su proporción utilizada.

Tabla 15. Proporción de diseño al 2.0%

Diseño al 2.0 % (Peso seco)		
Materiales	Unidades	RFRC
Cemento	Kg	81.5
Agua	Lt	10.5
Suelo o Agregado	kg	1.630

FUENTE: Elaboración propia

4.2.3. Resultados de pruebas del RFRC en estado fresco

Diseño Revenimiento del Relleno fluido de Resistencia controlada

Tabla 16. Revenimiento del RFRC para los distintos diseños

N° Item	Edades	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
1	3 días	5"	5"	4"
2	7 días	5"	5"	4"
3	14 días	5"	5"	4"
4	28 días	5"	5"	4"

FUENTE: Elaboración propia

4.2.4. Resultados de prueba de resistencia a la compresión

a) Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 3.0%

La adición de cemento en diferentes porcentajes a un suelo puede tener efectos significativos en la resistencia del suelo. La adición de cemento en un porcentaje del 3% generalmente se considera suficiente para mejorar significativamente la resistencia del suelo.

Tabla 17. Ensayos a la compresión del RFRC AL 3.0% de adición de cemento

N°	DISEÑO	EDAD	DISEÑO (kg/cm ²)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA	%
1	RFRC al 3 %	3	8 kg/cm ²	15.059	20.32	800.00	4.49	2	56.15
				15.070	20.43	820.00	4.60	2	57.46
2	RFRC al 3 %	7	8 kg/cm ²	15.040	20.43	1080.00	6.08	2	75.99
				15.081	20.43	1020.00	5.77	2	72.13
3	RFRC al 3 %	14	8 kg/cm ²	15.074	20.43	1590.00	8.91	2	111.36
				15.154	20.43	1530.00	8.48	2	106.00
				15.154	20.43	1550.00	8.60	2	107.40
4	RFRC al 3 %	28	8 kg/cm ²	15.070	20.33	1890.00	10.60	2	132..46

FUENTE: Elaboración propia

A continuación, en la figura se muestra los resultados del proceso a medida que pasaron los días de las muestras de ensayadas con una adición del 3% de cemento tipo 1.

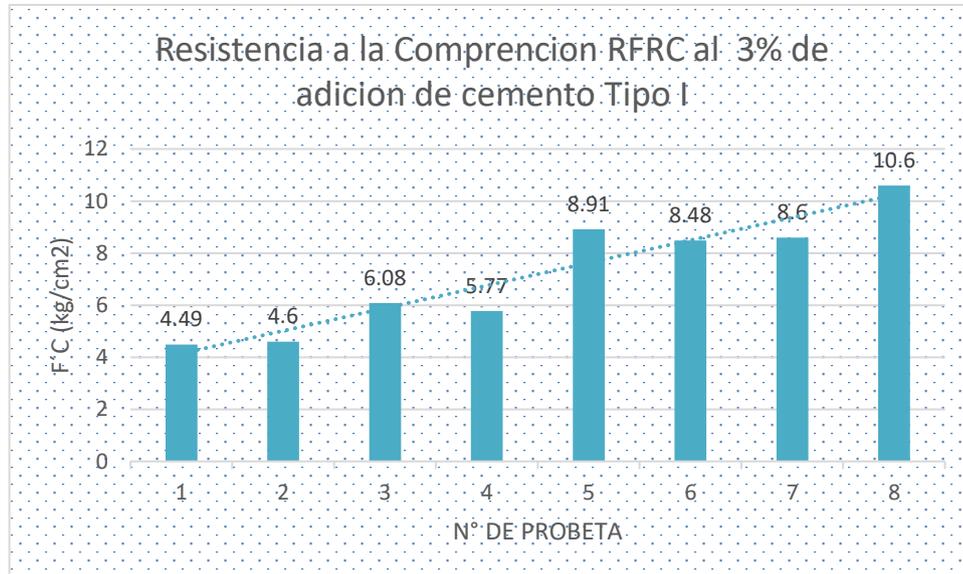


Grafico 2. Progreso de la resistencia al 3% del RFRC a diferentes edades

Es observable que la resistencia de nuestro primer diseño de RFRC al 3% de cemento es favorable ya que tuvo una evolución positiva, alcanzando más del 50% a los 3 días de edad, más del 70% a los 7 días y superando el 100% a los 14 días que es lo que se preveía.

b) Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 2.5%

La cantidad de cemento necesaria para lograr la resistencia deseada dependerá de varios factores, como la composición del suelo, la humedad, el clima y la carga esperada. En algunos casos, una adición de cemento del 2.5% y hasta de 2% puede ser suficiente para lograr los resultados deseados.

Tabla 18. Ensayos a la compresión del RFRC AL 2.5% de adición de cemento

c	DISEÑO	EDAD	DISEÑO (kg/cm2)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm2)	TIPO DE FALLA	%
1	RFRC al 2.5 %	3	6 kg/cm2	15.110	20.32	500.00	2.79	2	46.47
				15.116	20.43	600.00	3.34	2	55.73
2	RFRC al 2.5 %	7	6 kg/cm2	15.081	20.43	780.00	4.37	2	72.83
				15.023	20.43	800.00	4.51	2	75.22
3	RFRC al 2.5 %	14	6 kg/cm2	14.898	20.43	1100.00	6.31	2	105.17
				15.110	20.43	1120.00	6.45	2	104.17
				15.031	20.43	1190.00	6.71	2	111.77
4	RFRC al 2.5 %	28	6 kg/cm2	15.115	20.33	1200.00	6.96	2	111.46

FUENTE: Elaboración propia

A continuación, en la figura se muestra los resultados del proceso a medida que pasaron los días de las muestras de ensayadas comuna adición del 2.5% de cemento tipo 1.

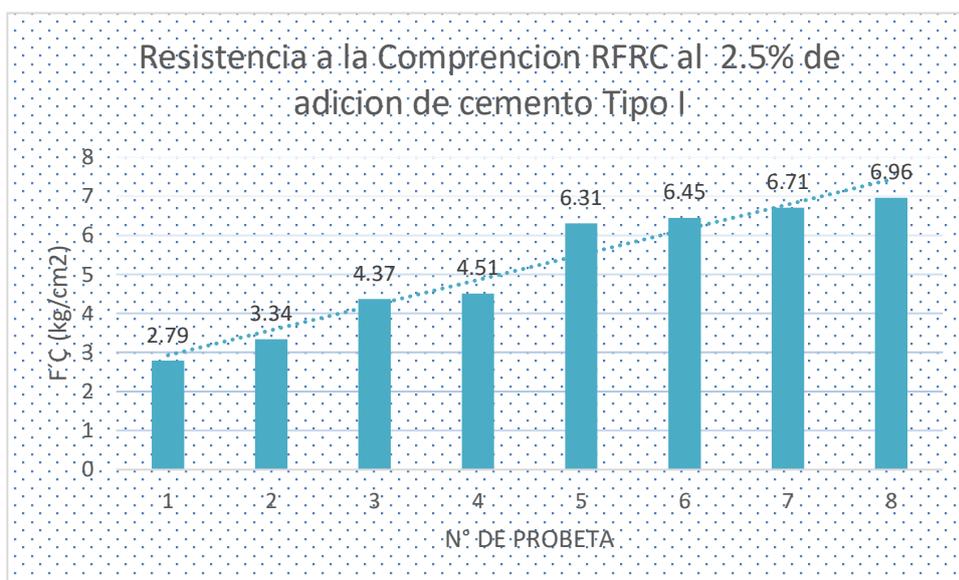


Grafico 3. Progreso de la resistencia al 2.5% del RFRC a diferentes edades

Se puede apreciar que el diseño al 2.5% de edición de cemento también tiene unos resultados progresivos observándose que a los 3 días de edad supero el 45% de la resistencia final, a los 7 días se superó el 70% y superando el 100% a los 14 días de edad.

c) Diseño de Relleno fluido de Resistencia controlada al 2.0%

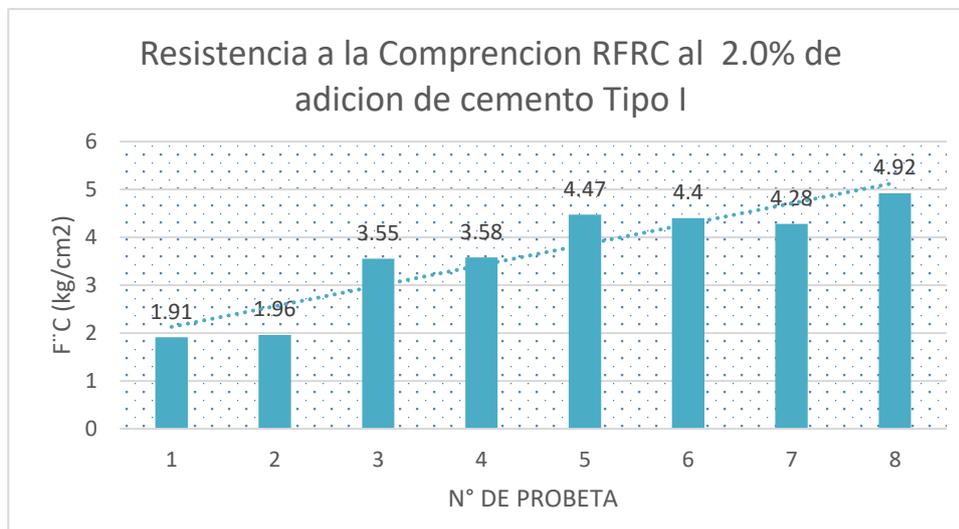
Es importante tener en cuenta que la adición de cemento puede tener efectos secundarios no deseados en el suelo, como la disminución de la capacidad de drenaje y la alteración de la composición química del suelo. Por lo tanto, es fundamental realizar un análisis cuidadoso de las condiciones del sitio y de los materiales disponibles antes de decidir la cantidad de cemento a agregar al suelo

Tabla 19. Ensayos a la comprensión del RFRC AL 2.0% de adición de cemento

N°	DISEÑO	EDAD	DISEÑO (kg/cm2)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm2)	TIPO DE FALLA	%
1	RFRC al 2 %	3	4 kg/cm2	15.054	20.32	340.00	1.91	2	47.76
				15.069	20.43	350.00	1.96	2	49.06
2	RFRC al 2 %	7	4 kg/cm2	15.023	20.43	630.00	3.55	2	88.86
				15.078	20.43	640.00	3.58	2	89.61
3	RFRC al 2 %	14	4 kg/cm2	15.084	20.43	800.00	4.47	2	111.75
				15.040	20.43	780.00	4.40	2	110.00
				15.040	20.43	760.00	4.28	2	106.95
4	RFRC al 2 %	28	4 kg/cm2	15.096	20.33	880.00	4.92	2	122.091

FUENTE: Elaboración propia

A continuación, en la figura se muestra los resultados del proceso a medida que pasaron los días de las muestras de ensayadas comuna adición del 2% de cemento tipo I.



- **Progreso de la resistencia al 2.0% del RFRC a diferentes edades**

Como resultado en el diseño al 2% de edición de cemento se pueden observar que existen resultados progresivos observándose que a los 3 días de edad supero el 45% de la resistencia final, a los 7 días se superó el 85% y sobrepasando el 100% a los 14 días de edad.

d) Comparación de resultados de % de cemento de RFRC a diferentes edades

Tabla 20. Resultados a los 3 días de edad del RFRC con % variable de cemento

N°	RESISTENCIA A LA COMPRESION 3 DIAS	
1	RFRC al 2 %	1.91
2	RFRC al 2 %	1.96
3	RFRC al 2.5 %	2.79
4	RFRC al 2.5 %	3.34
5	RFRC al 3 %	4.49
6	RFRC al 3 %	4.60

FUENTE: Elaboración propia

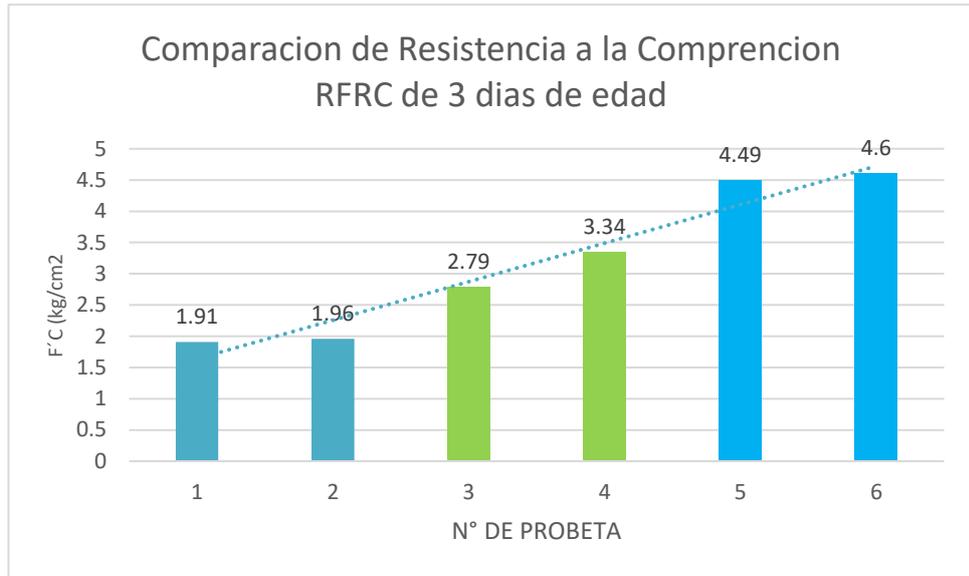


Grafico 4. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (3 días)

Tabla 21. Resultados a los 7 días de edad del RFRC con % variable de cemento

N°	RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 DIAS	
1	RFRC al 2 %	3.55
2	RFRC al 2 %	3.58
3	RFRC al 2.5 %	4.37
4	RFRC al 2.5 %	4.51
5	RFRC al 3 %	6.08
6	RFRC al 3 %	5.77

FUENTE: Elaboración propia

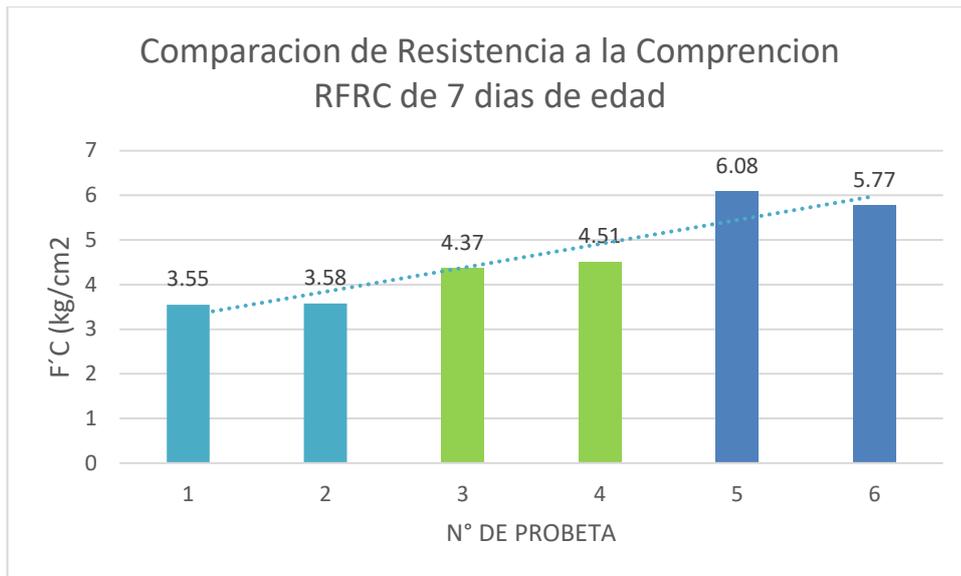


Grafico 5. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (7 días)

Tabla 22. Resultados a los 14 días de edad del RFRC con % variable de cemento

N°	RESISTENCIA A LA COMPRESION 14 DIAS	
1	RFRC al 2 %	4.47
2	RFRC al 2 %	4.40
3	RFRC al 2 %	4.28
4	RFRC al 2.5 %	6.31
5	RFRC al 2.5 %	6.45
6	RFRC al 2.5 %	6.71
7	RFRC al 3 %	8.91
8	RFRC al 3 %	8.48
9	RFRC al 3 %	8.60

FUENTE: Elaboración propia

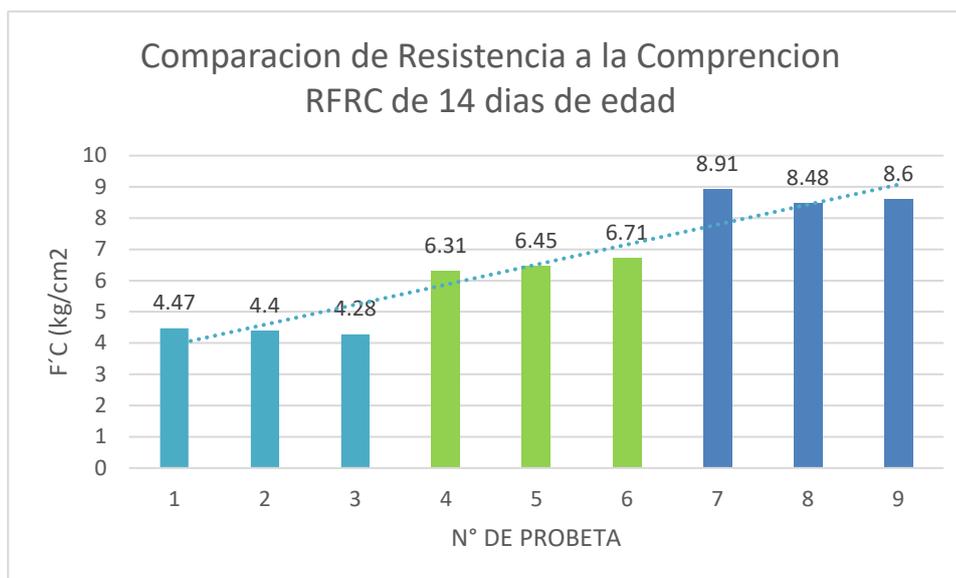


Grafico 6. Progreso a % porcentaje variable de cemento de RFRC (14 días)

4.2.5. Procedimiento para la elaboración y colocación del RFRC en la ciudad de Cerro de Pasco

Consideraciones antes de la ejecución de las actividades

Inspección del área de trabajo, área totalmente liberada y señalizada, donde se ubicará el personal que realizará los trabajos.

Una vez liberada el área y antes de realizar cualquier trabajo, se dispondrá de un equipo de topografía, que coloque puntos de control en terreno.

Se instalará un sistema de plantillado, en toda el área donde se realizará el relleno, para controlar el proceso y los niveles.

Durante todo el proceso, el topógrafo verificará que se alcance óptimamente los niveles de relleno establecidos en los planos.

Se deberá revisar la cantidad de material propio o préstamo y contar con los estudios de granulometría por no menos de 02 veces a la semana, si el relleno es masivo con el fin de monitorear la cantidad de material del lugar de donde proviene.

Se recomienda no vaciar en horarios extendidos ni nocturnos ya que por el clima de la ciudad es permisible salvo que se haga un tratamiento especial generando un microclima donde sea optima las condiciones de vaciado.

Si el área de trabajo a rellenar tiene una depresión mayor a 1.20 m, se considerará como espacio confinado por lo que se requiere la inclusión de un vigía en la cuadrilla de trabajo.

Consideraciones durante las actividades

El material proveniente de los cortes y excavaciones que son adecuados para ser utilizado como relleno, deberá ser transportado al sitio de utilización o ser almacenado adecuadamente hasta el momento de ser utilizado.

El relleno consiste en la ejecución de todas las actividades necesarias para construir sobre el terreno debidamente preparado, los terraplenes de relleno que contemple la plataforma y elevar las cotas del terreno serán hasta los niveles requeridos en los planos de cada proyecto.

Los materiales de terraplén de relleno deben estar libres de materia orgánica, basuras, tierra vegetal, terrones de arcilla y piedras mayores de 10 cm de diámetro.

Solamente se autorizará la colocación de materiales de relleno cuando el terreno base del terraplén esté adecuadamente preparado. El material de relleno se debe colocar en capas horizontales de un espesor máximo no compactado de 300mm con las dimensiones, pendientes y taludes indicados en los planos.

Para el desplazamiento de equipos motorizados, estos deben contar con vigía certificado, quien será la única persona para dar las indicaciones directas a los operadores de equipos, considerando la línea de fuego que dependiendo del radio de acción del equipo y de la distancia mínima de seguridad, serán guiados

por este personal certificado, con el fin de salvaguardar su propia integridad y la de personal expuesta al peligro. Los equipos iniciarán marcha y detención a través y únicamente de la comunicación entre el vigía y el operador del equipo por medio de radio en óptimas condiciones de funcionamiento.

Procedimiento

El material proveniente de los cortes y excavaciones que son adecuados para ser utilizado como relleno, deberá ser transportado al sitio de utilización o ser almacenado adecuadamente hasta el momento de ser utilizado.

La dosificación utilizada para el diseño de Relleno Fluido es por el procedimiento de prueba, hasta conseguir que la mezcla cumpla con las propiedades deseadas de flujo, densidad y resistencia que el proyecto requiera.

Las principales actividades a ser controladas de acuerdo a norma, son las siguientes:

- Método de Ensayo Estándar del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Cono de Abrahams. ASTM C 143
- Método de Ensayo Estándar de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto ASTM C39
- Planos y especificaciones técnicas del proyecto.

Verificación topográfica para inicio de relleno

Previo a comenzar con la colocación del relleno fluido, debe aprobarse la fundación del área a rellenar, debiendo estar ésta estable, libre de material suelto y limpia, este trabajo de limpieza se podrá realizar de manera manual o con equipo.

Antes de vaciar el relleno fluido, se eliminará toda suciedad y materia extraña del espacio que va a ser ocupado por el mismo; el relleno fluido será

depositado lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación por su manipulación y la velocidad del vaciado será tal que el relleno fluido conserve su estado plástico.

Transporte y acopio del agregado (suelo)

En el transporte, manipuleo y almacenaje del agregado (suelo) se hará garantizando en mantener la uniformidad del agregado, no se producirá contaminación con sustancias extrañas.

Humedecimiento del terreno natural

Se humedecerá el terreno natural, previamente a la colocación del relleno fluido, el cual podrá ser realizado con equipo (camión cisterna) o de manera manual.

Mezclado del relleno fluido

La mezcla se realizará con un trompo mezclador de concreto o Autohormigonera, en el caso de volúmenes mayores se podrá usar también excavadora o cargador frontal para el mezclado de los materiales.

Si el equipo es un trompo con tolva, primero coloque la totalidad del agregado y esparcirlo en forma uniforme sobre la tolva, con la finalidad que los otros materiales no se peguen cuando se levanta la tolva, finalmente coloque la totalidad del cemento. Adicione el 80 % del agua a la mezcladora é inmediatamente levante la tolva que contiene el agregado y el cemento, una vez que estén dentro ajuste la fluidez con el 20% del agua restante.

Si el trompo no tiene tolva, primero agregue el 50 % del agua, ingrese todo el agregado, agregue 30 % más de agua, coloque todo el cemento y finalmente ajuste la fluidez deseada con el 20 % del agua restante.

Si el equipo es una excavadora o cargador frontal, primero deberá acopiarse el volumen de agregado a mezclar no excediendo la tanda de 80 m³, luego se colocará el cemento procediendo a batir el agregado agregando agua con ayuda de mangueras o cisterna usando los equipos mencionados para el batido asegurándose que la mezcla se mantenga homogénea y controlando la relación de agua requerida según el Slump de diseño.

El mezclado debe efectuarse por lo menos durante 90 segundos (01 minuto y medio) después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante ensayos de uniformidad de mezclado, según “Standard Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94M).

Colocación del relleno fluido

Una vez mezclado el relleno fluido correctamente, descargue suavemente sobre los equipos de transporte, ya sean buguies, carretillas, baldes concreteros, winches, bombas de concreto, chutes, entre otros; evitando que la mezcla salpique violentamente.

No llenar más del 80% del volumen total de los equipos o envases de transporte, ya que podrían derramarse; no colocar más cantidad de lo que una persona pueda transportar, si el transporte se realiza por buguie o carretilla.

El relleno fluido debe ser transportado desde la mezcladora hasta el sitio final de colocación empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de material.

El equipo de transporte debe ser capaz de proporcionar un abastecimiento de relleno fluido en el sitio de colocación sin segregación de los componentes y

sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de colocación.

En caso se requiera se habilitarán rampas adecuadas para el correcto ingreso de las carretillas o buguies a la zona de vaciado.

De ser el vaciado con chute, el personal no debe exponerse a la caída directa de la mezcla, alejándose a una distancia prudencial mientras se realice este proceso.

El Slump estará entre 6" y 8" a fin de asegurar la fluidez de la mezcla en caso sea con maquinaria como mixer o carmix para evitar que el material quede atascado en el equipo. Para mezclas manuales el Slump se encontrará en el rango de 4" y 8".

El acabado del relleno fluido podrá ser ejecutado utilizando una tabla de madera o panel metálico (frotachado), quedando libre de cangrejeras.

Se verificará mediante el equipo topográfico los niveles finales de relleno.

Control de calidad

El relleno fluido, por ser un material con gran cantidad de propiedades y usos, requiere un control de calidad de acuerdo con la importancia de la obra, nivel de calidad deseada y de la experiencia que se tenga con el material, para verificar el ajuste de la mezcla con las especificaciones o requisitos.

Para el control de calidad, es necesario realizar los procesos de muestreo, ensayos de control, elaboración y cuidado de las muestras. El proceso de muestreo lo debe realizar un tomador de muestras, de preferencia un laboratorista en caso que el proyecto cuente con un laboratorio propio de suelo si es de gran envergadura; de igual manera, el laboratorio que efectuó los ensayos debe tener

la capacidad de asegurar la calidad y confiabilidad de los resultados de los ensayos, y debe estar certificado por las entidades correspondientes.

Los proyectos de relleno fluido se realizan mediante un diseño de mezclas, empleando las materias primas existentes, las cuales, para ser evaluadas en estado fresco y endurecido, el productor y el cliente definen el programa de ensayos y establecen los parámetros, condiciones y rangos de aceptación. Posteriormente, la verificación en campo se puede realizar visualmente o mediante la realización de ensayos, siendo los más comunes para controlar la calidad del relleno fluido fresco la consistencia, la temperatura, la masa unitaria, el contenido de aire, la elaboración y el curado de los cilindros.

En obra, los cilindros se deben realizar aleatoriamente cada 40 metros cúbicos de relleno fluido y mínimo una vez al día. El control de calidad, por lo general en estado endurecido se realiza mediante la resistencia, que debe ser el promedio de por lo menos dos cilindros normalizados y representativos de una misma mezcla. El ensayo no se tiene en cuenta cuando la diferencia de los resultados de los cilindros de una misma muestra, ensayados a una misma edad, con los mismos procedimientos, equipos y operarios, supere 10% de la resistencia media de la muestra.

En el transporte de las muestras de ensayo hacia el laboratorio o sitio de ensayo, se debe evitar el deterioro o alteración de las muestras debido a golpes, vibraciones, pérdida de humedad u otro agente que altere los resultados ensayo.

Se realizará el control de calidad del relleno fluido de acuerdo a lo indicado en el presente procedimiento.

Se controlará el Slump del relleno fluido, antes de iniciar la colocación del mismo, de acuerdo a los procedimientos de la norma ASTM C-143.

Los muestreos del relleno fluido colocado para ensayos a compresión simple, así como los moldes cilíndricos se realizarán según lo estipulado en la norma ASTM C 172, ASTM C 31 y ASTM C 39.

Se realizará el muestreo cada 50 m³ o por relleno de ser este volumen menor a 50 m³.

Se dispondrá de un área donde se señalará y asilará durante 24 horas las probetas muestreadas. Se evitará la vibración, golpes, la exposición al sol, al viento excesivo y a las lluvias, para proceder al desencofrado.

El desencofrado de las probetas se realizará al día siguiente, se identificarán con un código y se indicará en la probeta la fecha de vaciado, trasladándose luego a la poza de curado donde permanecerá hasta efectuar el ensayo a compresión.

4.3. Prueba de hipótesis

La presente investigación realizada denominada “Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural convencional, Pasco 2022”, tuvo como hipótesis principal:

4.3.1. Hipótesis General

“A través del planteamiento para la mejora de las propiedades mecánicas suelo mediante la utilización del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) elaborando diseños de mezcla con resistencias variables se podrá realizar óptimos rellenos y servirá como sustituto de relleno estructural convencional, Pasco 2022”.

Por tanto, analizando los resultados obtenidos se tiene que realizar la prueba de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk ya que contamos con menos de 50 datos y se obtuvo lo siguiente.

Tabla 23. Prueba de normalidad para el indicador Resistencia del RFRC

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RFRC.A	,279	3	.	,939	3	,523
RFRC.B	,245	3	.	,971	3	,672
RFRC.C	,236	3	.	,977	3	,712

a. Corrección de significación de Lilliefors

FUENTE: Elaboración propia (Spss)

A= Diseño al 3% de adición de cemento

B= Diseño al 2.5% de adición de cemento

C= Diseño al 2% de adición de cemento

Interpretación:

H_1 = Los datos obtenidos no presentan una distribución normal $p < 0.05$

H_0 = Los datos obtenidos presentan una distribución normal $p > 0.05$

Significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Decisión:

Según el resultado obtenido con el indicador Shapiro Wilk se presenta un factor $p > 0.05$, con valores de 0.513, 0.612 y 0.712 en los distintos diseños elaborados, con este resultado se llega a la conclusión de que estos datos presentan una distribución normal.

Por lo cual se debe utilizar las pruebas correspondientes para estos grupos y tipos de datos.

Prueba estadística con parámetros numérico

Puesto que existen 3 grupos de resultados no es posible utilizar la prueba t-Student, por lo que se utilizaran métodos correspondiente para 3 o mas grupos de datos.

Tabla 24. Comparación de media con prueba ANOVA

Descriptivos								
Comportamiento mecanico del RFRC								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño al 3%	3	8,6233	,24826	,14333	8,0066	9,2400	8,48	8,91
Diseño al 2.5%	3	6,4433	,23094	,13333	5,8696	7,0170	6,31	6,71
Diseño al 2%	3	4,4067	,10970	,06333	4,1342	4,6792	4,28	4,47
Total	9	6,4911	1,83489	,61163	5,0807	7,9015	4,28	8,91

FUENTE: Elaboración propia (Spss)

Tabla 25. Comparacion multiple de los diseños elaborados

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Comportamiento mecanico del RFRC							
	(I) % de Adicion de Cemento	(J) % de Adicion de Cemento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Diseño al 3%	Diseño al 2.5%	2,18000 [*]	,16799	<.001	1,6645	2,6955
		Diseño al 2%	4,21667 [*]	,16799	<.001	3,7012	4,7321
	Diseño al 2.5%	Diseño al 3%	-2,18000 [*]	,16799	<.001	-2,6955	-1,6645
		Diseño al 2%	2,03667 [*]	,16799	<.001	1,5212	2,5521
	Diseño al 2%	Diseño al 3%	-4,21667 [*]	,16799	<.001	-4,7321	-3,7012
		Diseño al 2.5%	-2,03667 [*]	,16799	<.001	-2,5521	-1,5212
Tamhane	Diseño al 3%	Diseño al 2.5%	2,18000 [*]	,19576	,001	1,4063	2,9537
		Diseño al 2%	4,21667 [*]	,15670	<.001	3,3998	5,0335
	Diseño al 2.5%	Diseño al 3%	-2,18000 [*]	,19576	,001	-2,9537	-1,4063
		Diseño al 2%	2,03667 [*]	,14761	,003	1,2937	2,7797
	Diseño al 2%	Diseño al 3%	-4,21667 [*]	,15670	<.001	-5,0335	-3,3998
		Diseño al 2.5%	-2,03667 [*]	,14761	,003	-2,7797	-1,2937

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

FUENTE: Elaboración propia (Spss)

Tabla 26. Medias para cada grupo de diseño de RFRC

Comportamiento mecánico del RFRC					
HSD Tukey ^a	% de Adición de Cemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
	Diseño al 2%	3	4,4067		
	Diseño al 2.5%	3		6,4433	
	Diseño al 3%	3			8,6233
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

FUENTE: Elaboración propia (Spss)

Interpretación:

Hipótesis

H_0 =A través del planteamiento para la mejora de las propiedades mecánicas del suelo mediante la utilización del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) con un diseño de mezcla con resistencias variables no se podrá realizar correctos rellenos y fundaciones de proyectos de la ciudad de Cerro de Pasco.

H_1 =A través del planteamiento para la mejora de las propiedades mecánicas del suelo mediante la utilización del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) con un diseño de mezcla con resistencias variables se podrá realizar correctos rellenos y fundaciones de proyectos de la ciudad de Cerro de Pasco.

Significancia $\alpha = 5\% = 0.05$.

Regla de rechazo

H_0 = Se rechaza si la significancia presenta una distribución normal $p < 0.05$

H_1 = No se rechaza si la significancia presenta una distribución normal $p > 0.05$

Decisión:

Sobre los datos presentados se tiene una significancia menos del 5% por tanto se rechaza la Hipótesis nula H_0 , es decir son datos estadísticos diferentes por tanto se acepta la hipótesis planteada en esta investigación.

4.4. Discusión de resultados

Del material propio en el diseño de mezcla: En el análisis del material propio en el laboratorio de suelos, el suelo ensayado, resultado dentro del rango como establece la norma CE. 020 “Suelos y Taludes”, para adición de cemento, donde nos indica que se debe encontrar en un rango de 5% a 15% de finos pasante de la malla N°200 y en la granulometría se puede observar la desviación del material propio en la malla N°200 se encuentra en dicho rango, esto se corrobora en la gráfica granulométrica donde cumple con el estándar de la norma CE.020.

De acuerdo con la norma mencionada también nos proporcionan los rangos en cuanto al Limite Liquido debiéndose tener uno menor al 50% y un índice de plasticidad por debajo del 25%, siendo en el caso de nuestro material 15% y 2% respectivamente, lo cual también cumple y por tanto es un material aceptable para el diseño de RFRC.

Ya habiendo cumplido nuestro material con las especificaciones mínimas necesarias para ser utilizada en la elaboración del RFRC, se procede a diseñar la mezcla patrón con los distintos porcentajes de adición de cemento, se opto por un asentamiento que estuviera en un rango de 4” a 6” para su trabajabilidad y de superiores a 6” para que este sea autocompactante cuidando que no exista sedimentación y utilizando aditivos como plastificantes de ser necesario.

Teniendo ya definido los porcentajes de cemento 3%, 2.5%, 2% y manteniendo los demás materiales en la misma proporción. Además, conociendo

las ratios a los que llegaron en cuanto a resistencia y obteniendo un 50% de resistencia los 3 días de edad.

Se procedió a hacer los ensayos de asentamiento en estado fresco y endurecido, el ensayo de resistencia a la compresión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días.

Finalmente se obtuvieron resultados óptimos en cada diseño ya que a los 14 días de ensayo los testigos todos superaron el 100% de la resistencia de diseño por lo que por lógica los ensayos a los 28 días también lo hicieron.

Cabe mencionar que las roturas a la edad de 3 días superaron el 45% de la resistencia de diseño y las de 7 días llegando por encima del 70%, por lo que nuestras hipótesis quedan corroboradas.

CONCLUSIONES

1. El incremento de resistencia de las probetas de RFRC con porcentajes variables de 3%, 2.5%, 2%; es notorio llegando a las resistencias de diseño propuestas, superando el 100% en cada diseño a los 14 días de edad lo que mejora las propiedades mecánicas de cualquier suelo, teniendo los mejores valores de resistencias de 10 kg/cm², 6.6 kg/cm² y 4.8 kg/cm² a los 28 días respectivamente para cada porcentaje mencionado.
2. Se concluye que el relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) es una solución óptima ya que cuenta con muchas ventajas para ser utilizado como material de fundación, siendo una excelente opción para una gran variedad de aplicaciones de construcción, ya que ofrece una distribución uniforme de la carga, alta resistencia y durabilidad a largo plazo y debería ser considerado como opción en proyectos de nuestra ciudad frente al relleno granular y los diferentes métodos de mejoramiento de suelos siendo menos costoso en muchos casos.
3. El uso del relleno fluido de resistencia controlada en climas fríos puede requerir algunas consideraciones adicionales para asegurar una distribución uniforme y una resistencia adecuada del material. Es importante tener en cuenta la temperatura ambiental y en condiciones climáticas adversas utilizar aditivos especiales para garantizar que sea un proceso de vertido y curado exitoso en dichas condiciones.
4. El uso del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) tiene varias ventajas en comparación con otros materiales de relleno convencionales. Una de las principales ventajas es su capacidad para fluir a través de espacios pequeños y llenar completamente el área de relleno. Esto hace que sea especialmente útil en aplicaciones donde se requiere una distribución uniforme de la carga.

5. El tiempo para desmoldar las muestras del RFRC varía en función del tipo de suelo que se emplea, la temperatura y el ambiente en donde se elabora, en este caso se tuvo un suelo SM (Arena arcillosa) a una temperatura promedio de 8 °C en la ciudad de Cerro de Pasco, por tanto, se determinó que 72 horas es el tiempo adecuado para desmoldar el material considerando los factores predominantes ya mencionados.
6. Entre los principales beneficios del RFRC están la ausencia de los asentamientos y deformaciones, esto hace del material uno seguro a largo plazo, su fácil aplicabilidad en obra y que este material no necesita ningún tipo de compactación.
7. De acuerdo a los resultados obtenidos, las arenas limosas con porcentajes de grava (SM) arrojaron excelentes resultados por tanto tienen una mayor resistencia a la comprensión.
8. El RFRC nos permite trabajar en temporadas adversas como las épocas de invierno, por todas las ventajas mencionadas que este material posee.
9. Otra ventaja del RFR es su capacidad para curarse y sellarse a sí mismo, lo que minimiza las fugas y los movimientos en la estructura.
10. La norma internacional ACI 229R referente a “Materiales controlados de baja resistencia” y tampoco la peruana CE. 020 “Suelos y Taludes” en su apartado estabilización con cemento, no restringen el uso de cualquier tipo de suelos siempre y cuando este suelo sea analizado y cumplan con los requisitos para ser utilizados, así como su comportamiento siendo parte del RFRC.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar la investigación con otros tipos de suelos de nuestra región o empleando combinaciones hasta encontrar un material que pueda obtener un RFRC superior a los ya obtenidos en nuestra ciudad ya que este arroja buenos resultados y es una buena opción como material de remplazo al relleno convencional.
2. Los porcentajes de cemento para la obtención de un suelo apto como base deberán de ser por lo menos de un 2% ya que sino no habrá mejora en las propiedades del material.
3. Se recomienda solo utilizar probetas de 6"x12" para el control del relleno además de tener mayor cuidado que con las probetas de concreto al momento de almacenar y trasladar al laboratorio, debido a que estos tienen mucho más fragilidad y baja resistencia ya que son en pocas palabras un suelo mejorado.
4. Se recomienda a las empresas proveedoras de concreto en nuestra ciudad ampliar sus productos ofrecidos añadiendo el RFRC, ya que estos cuentan con los instrumentos y el equipo para ofrecer el relleno de manera masiva.
5. Se recomienda realizar el muestreo cada 50m³ o por relleno en caso no sobrepase esa cantidad.
6. La utilización de suelos arcillosos no es recomendable para la elaboración de RFRC, pero si aquellos suelos que tengan como máximo 20% de arcillas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Aburto, M., & Rodriguez, D. (2011). *Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado*. Obtenido de Repositorio Institucional UNAM:
http://132.248.9.195/ptb2011/abril/0668455/0668455_A1.pdf
- Babilonia , L., Chavez , J., Guerra , C., & Olivera , J. (2019). *Diseño de mortero de baja resistencia para relleno en tuberías en el Centro Comercial Box Park, Surco, 2019*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/45137>
- CIP 17. (2013). *Relleno Fluido*. Obtenido de National Ready Mixed Concrete Association: <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP17es.pdf>
- Comité ACI 116 . (2009). *Terminología del cemento y el hormigón* . American Concrete Institute.
- Delgado, O., Lopez, I., & Toledo, F. (2018). *Diseño de mezclas de materiales de resistencia baja controlada (Lodocreto) utilizando bancos de préstamos de la zona central de el salvador para su aplicabilidad vial*. Obtenido de Biblioteca Universidad de el Salvador:
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16487/1/Dise%C3%B1o%20de%20mezclas%20de%20materiales%20de%20resistencia%20baja%20controlada%20%28Lodocreto%29%2C%20utilizando%20bancos%20de%20pr%C3%A9stamos%20de%20la%20Zona%20Central%20de%20El%20Salvador%20para%20su%20apli>
- González , C. (1999). Caracterización del relleno fluido usado como alternativa de remplazo de bases y sub-bases granulares. *XII Simposio Colombiano sobre Ingeniería de pavimentos*.

- Granados, J., Landaverde, A., & Pineda, A. (2003). *Aplicación de los Parámetros de Control ACI (American Concrete Institute), en Mezclas de Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada (Lodocreto), variando porcentajes y Tipos de Cementos*. Obtenido de Biblioteca Universidad de El Salvador : <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4614/1/Aplicaci%C3%B3n%20de%20los%20par%C3%A1metros%20de%20control%20ACI%20%28American%20Concrete%20Institute%29%2C%20en%20mezclas%20de%20rellenos%20fluidos%20de%20resistenciacontrolada%20%28Lodocreto%29%2C%20variando%20%20>
- Huerta, R. (2005). Relleno fluido, un suelo líquido. *Construcción y Tecnología*, 20-24.
- imcyc. (2005). Relleno fluido, un suelo líquido.
- Jofré, C. (1998). Rellenos con morteros y hormigones fluidos de baja resistencia controlada. *Revista RUTASW* 67, págs. 5-21.
- Llerena, D. (2018). *Diseño de mortero de baja resistencia y su influencia en el relleno del colector ampliación Bayóvar, San Juan de Lurigancho, 2018*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31479>
- Mitchell, J. (1981). *Soil improvement: state-of-the-art report. 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Stockholm*.
- Rivera, E. (2008). *Uso de Rellenos Fluidos en la Construcción*. Obtenido de Biblioteca USAC-Guatemala: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2904_C.pdf
- Souto, J., & Losada, A. (2016). *Selección de técnicas de mejora de suelos en proyectos de obra civil*. Obtenido de Inter Empresas: <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/163095-Seleccion-de-tecnicas-de-mejora-de-suelos-en-proyectos-de-obra-civil.html>

Vam Impe, W. (1989). *Soil improvement techniques and their evolution*. A.A. Balkema, Rotterdam.

Vilcas , J. (2018). *Planteamiento del mejoramiento del suelo empleando relleno fluido para la construcción de los edificios multifamiliares en la obra casa club recrea "Los nogales", distrito de el agustino, lima*. Obtenido de Repositorio

Institucional

Universidad

Federico

Villareal:

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/2042>

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL

ASUNTO: Solicito permiso para obtencion de Material
(suelo) de Pucayacu (UNDAC) con fines de proyecto de tesis

Dr. Angel Claudio NUÑEZ MEZA

Rector de la UNDAC

ATENCION OFICINA EJECUTORA DE INVERSIONES

De mis consideraciones:

Señor: Arq. Julio Miguel RIOS MOZOMBITE

Reciba un cordial y afectuoso saludo, mediante el presente documento, yo MAURICIO HERHUAY Harold Raul bachiller esgresado de la EFP de Ingenieria Civil de la UNDAC, con CODIGO DE MATRICULA : 1454703046, que con fines de que estoy realizando mi protecto de tesis solicito a usted, el permiso para el ingreso y la extraccion de 20 kg de material (suelo) de la sede de nuestra universidad ubicada en Pucayacu.

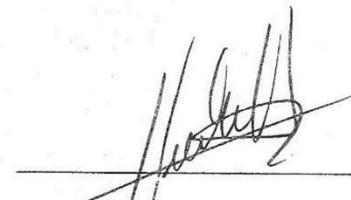
Por lo cual adjunto:

- ✓ Informe aprobatorio de borrador de tesis
- ✓ Copia de DNI

Agradecidos por la atención me suscribo de usted, deseándole éxito en la labor que desempeña.



Cerro de Pasco, 2 de septiembre de 2022


MAURICIO HERHUAY Harold Raul



Mauricio

 PERU	 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN LICENCIADA	DIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACION	Unidad Ejecutora De Inversiones
--	--	--	--

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

OFICIO N° 660-2022-DUEI/UNDAC

Cerro de Pasco 08 de Septiembre del 2022

**A : CPC. Luis LEON DIEGO
JEFE DE LA UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES**

**ASUNTO : AUTORIZACION PARA EXTRACCION DE 20KG DE MATERIAL (SUELO) PARA
REALIZAR INVESTIGACION A NIVEL DE TESIS, DEL ESTUDIANTE MAURICIO
HERHUAY HAROLD RAUL**

REF. : INFORME N°121-2022-JEF. EST- DEF – ING MVAR/UNDAC

Mediante el presente, me dirijo a Usted para remitir el **INFORME N°121-2022-JEF. EST-DEF – ING MVAR/UNDAC**. se autoriza el ingreso del **BACH. MAURICIO HERHUAY HARAROLD RAUL** con código de estudiante N° **1454703046** y **DNI N° 70219756** de la EFP de Ingeniería Civil de la **UNDAC** a la Ciudad Universitaria de Pucayacu para la extracción de 20 Kg de material (suelo). sírvase a informar a vigilancia para que se le permita el ingreso del tesista.

Es todo en cuanto puedo informar a su despacho para su conocimiento y atención, y correctivas donde de se adjunta.

✓ (05 FOLIOS)

Atentamente;

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
OFICINA EJECUTORA DE INVERSIONES



Arq. Julio Miguel RIOS MOZOMBITE
DIRECTOR (E)

REG. DOC. 264933
REG. EXP. 155288

C.c.
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Ciudad Universitaria – Pabellón de la Facultad de Ciencias Económicas y Contables-San Juan Pampa – Cerro de Pasco - Telf. (063) 42-3576



INFORME N° 121 -2022—JEF. EST DEF - ING. MVAR /UNDAC

A : Arq. Julio Miguel Ríos Mozombite
JEFE DE LA UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES

De : Ing. Maribel Victoria Atencio Rosas
JEFA DEL AREA DE ESTUDIOS DEFINITIVOS DE LA UEI

Asunto : Se solicita autorización para la extracción de 20 Kg de Material (SUELO) para realizar investigación a nivel de Tesis, del estudiante Mauricio Herhuay Harold Raúl.

Referencia : a) Aprobación de borrador de tesis del estudiante Mauricio Herhuay Harold Raúl – INFORME N°28-2022-PYC

Fecha : Cerro de Pasco, Setiembre de 2022.



Por intermedio del presente tengo a bien saludarlo, a la vez Solicitarle autorización para el ingreso y la extracción de 20 Kg de Material (SUELO) para realizar investigación a nivel de Tesis, del estudiante Mauricio Herhuay Harold Raúl, la cual paso a detallar:

I. ATENCEDENTES:

- 1.1. Mediante PROVEIDO N°581-2022-DUEI/UNDAC de fecha 05 de Setiembre del 2022 donde el Arq., Julio Miguel Ríos Mozombite – Director (E), ordena su atención y demás fines al suscrito.
- 1.2. Mediante solicitud dirigida al Rector de la Undac Dr. Ángel Claudio Núñez Meza de fecha 02 de setiembre del 2022 donde el Bach. Mauricio Herhuay Harold Raúl con código de estudiante 1454703046 de la EFP de Ingeniería Civil de la UNDAC, solicita el permiso y la extracción de 20kg de material (suelo) de la Ciudad Universitaria de Pucayacu.
- 1.3. Mediante INFORME N°28 - 2022-PYC de fecha 14 de junio del 2022 donde el Asesor de tesis Mg. Pedro Yarasca Córdova – asesor de tesis realiza la aprobación del borrador de tesis del Bachiller Harold Raúl Mauricio Herhuay.

II. CONCLUSIONES

- 2.1. Se Concluye y se solicita autorización para el ingreso del Bach. Mauricio Herhuay Harold Raúl con código de estudiante 1454703046 y DNI N° 70219756 de la EFP de Ingeniería Civil de la UNDAC a la Ciudad Universitaria de Pucayacu para la extracción de 20 kg de material (suelo) .
- 2.2. Se solicita que mediante oficio y en coordinación con las áreas competentes se autorice la extracción, ya que la extracción de dicho Material es con fines de Investigación a nivel de tesis de pregrado.

Es cuanto informo a Usted para su atención y trámite correspondiente.

ATENTAMENTE:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
DIRECCIÓN EJECUTORA DE INVERSIONES

[Firma]

Maribel VALENCO ROSAS
CIP N° 233776
JEFE DE ESTUDIOS DEFINITIVOS

S.6 (se autoriza a revisar a ver si se puede emitir informe)

ESTUDIOS DEL MATERIAL SUELO (PUCAYACU)

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS DE MATERIAL DE CANTERA

Solicitante : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
Obra/Proyecto : Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"
Ubicación : Yanacancha - Pasco - Pasco
N° Informe : CP - 22 - 035

DATOS

Ingreso de Muestras : 15/09/2022
Fecha de Emisión : 19/09/2022
Muestra : M1
Ensayo N° : 01
Estado de muestra : Alterado

RESUMEN DE ENSAYOS

Clasificación de Suelo : SM
A-1-b (0)
% grava : 31.40%
% arena : 50.32%
% de finos : 18.28%

Límites de Aterberg

Límite Líquido : 15.00
Límite Plástico : 13.00
Índice de plasticidad : 2.00

Contenido de Humedad : 3.93%



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Marcel S. CANCAPA-HARICO
INGENIERO CIVIL - D.P. 166608
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capitaciones.cic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

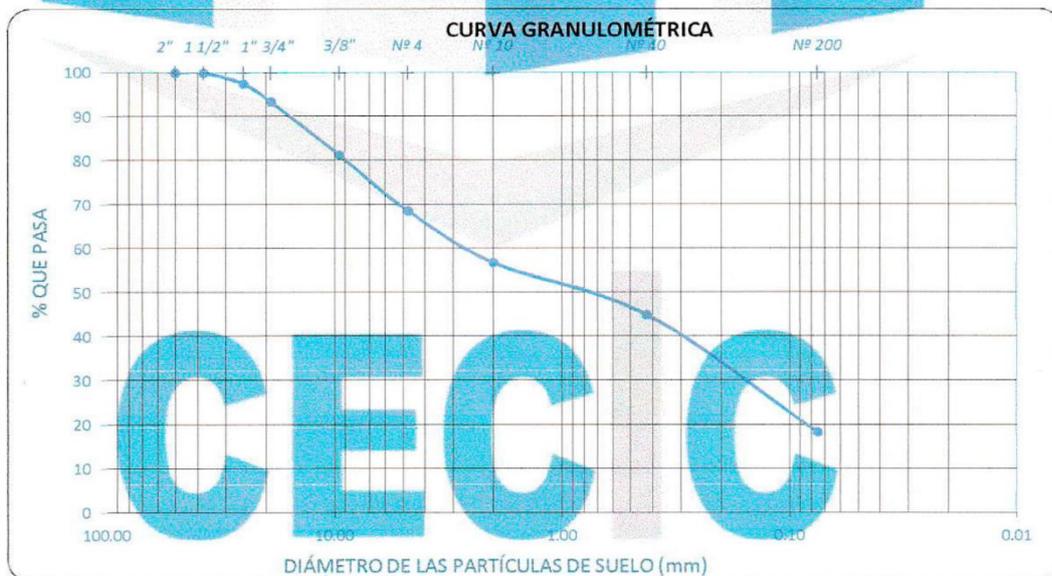
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / NTP 339.128

Solicitante : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
 Obra/Proyecto : Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"
 Ubicación :
 Fecha de Ensayo : 17/09/2022
 Fecha de Emisión : 19/09/2022
 Muestra : M1
 Ensayo N° : 01
 N° Registro : CP5 - 22 - 35 - 01

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	149.00	2.48	2.48	97.52
3/4"	19.000	250.00	4.17	6.65	93.35
3/8"	9.500	724.00	12.07	18.72	81.28
N° 4	4.750	761.00	12.68	31.40	68.60
N° 10	2.000	707.00	11.78	43.18	56.82
N° 40	0.425	709.00	11.82	55.00	45.00
N° 200	0.075	1603.05	26.72	81.72	18.28
CAZOLETA	0.000	1096.95	18.28	100.00	0.00
TOTAL		6000.0	100.00		

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
L. LIQUIDO =	15.00
L. PLASTICO =	13.00
I.P. =	2.00
C.C. = 0.01	C.U. = 2.30
CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHTO	A-1-b (0)
<i>Arena limosa con grava</i>	
OBSERVACIONES	
% grava =	31.40%
% arena =	50.32%
% de finos =	18.28%



OBSERVACIONES.-

* El ensayo se realizó con las muestra provista e identificada por el solicitante.



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
 Mirtzel S. CANCELA HANCCO
 INGENIERO CIVIL - CIP 188608
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuerdas del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

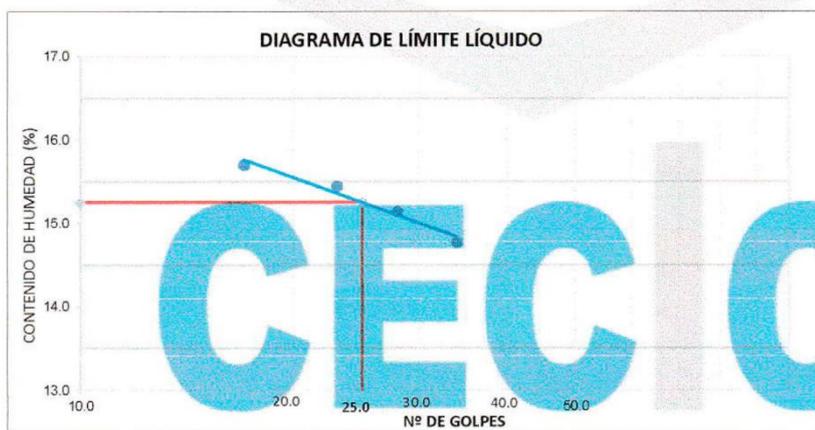
ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Solicitante : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
Obra/Proyecto : Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"
Ubicación : Yanacancha - Pasco - Pasco
Fecha de Ensayo : 18/09/2022
Fecha de Emisión : 19/09/2022
Muestra : M1
Ensayo N° : 01
N° Registro : CP1 - 22 - 35 - 02

LÍMITE LÍQUIDO				
N° TARRO	13	8	9	7
TARRO + SUELO HUMEDO	31.05	29.96	34.70	34.02
TARRO + SUELO SECO	28.57	27.46	31.76	31.16
CONTENIDO DE AGUA	2.48	2.50	2.94	2.86
PESO DEL TARRO	12.78	11.26	12.36	11.80
PESO DEL SUELO SECO	15.79	16.18	19.41	14.28
% DE HUMEDAD	15.71	15.45	15.15	14.77
N° DE GOLPES	17	23	28	34

LÍMITE PLÁSTICO				
N° TARRO	12	6	5	PROM = 13.21
TARRO + SUELO HUMEDO	19.32	17.89	18.06	
TARRO + SUELO SECO	18.53	17.15	17.32	
AGUA	0.79	0.74	0.74	
PESO DEL TARRO	12.62	11.48	11.72	
PESO DEL SUELO SECO	5.91	5.67	5.60	
% DE HUMEDAD	13.37	13.05	13.21	



RESULTADOS	
LÍMITE LÍQUIDO =	15.00
LÍMITE PLÁSTICO =	13.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	2.00

OBSERVACIONES. - El ensayo se realizó con las muestras provistas e identificadas por el solicitante.



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION

MARCELO S. CANCAYA HANCOCO
 INGENIERO CIVIL - CIP 188609
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 / NTP 339.127

Solicitante : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
 Obra/Proyecto : Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"
 Ubicación : Yanacancha - Pasco - Pasco
 Fecha de Ensayo : 17/09/2022
 Fecha de Emisión : 19/09/2022
 Muestra : M1
 Ensayo N° : 01
 N° Registro : CP1 - 22 - 35 - 03

Ensayo N°		1	2	3
N° Cápsula		4	1	2
Peso suelo humedo + tara	gr	600.25	602.55	599.01
Peso suelo seco + tara	gr	580.72	582.69	579.88
Tara	gr	87.99	86.46	81.47
Peso del agua	gr	19.53	19.86	19.13
Peso del suelo seco	gr	492.73	496.23	498.41

Contenido de humedad	%	3.96	4.00	3.84
Promedio	%	3.93		

OBSERVACIONES.- El ensayo se realizó con las muestras provistas e identificadas por el solicitante.



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0139 - 2021

Página 1 de 4

1. Expediente	01933-2021
2. Solicitante	CANCAPA HANCCO MARCIAL SIMON
3. Dirección	A.P.V. UNDAC - SAN JUAN MZA. LL LOTE. 4 GOBIERNO REGIONAL 4 CUADRAS PASCO- PASCO-YANACANCHA
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	620 g
División de escala (d)	0.01 g
Div. de verificación (e)	0.01 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	NV622ZH
Número de Serie	8342157587
Capacidad mínima	0.2 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

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

Los resultados son válidos en el momento 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 reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2021-07-27

Fecha de Emisión

2021-07-27

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0107 - 2021

Página 1 de 3

1. Expediente	1933-2021
2. Solicitante	BLAS OCEDA GIOVANA JESSICA
3. Dirección	JR. AGUS TIN GAMARRA 114 - SAN JUAN A 100 METROS DE LA ES CUELA LOS E ANTONIO PASCO - PASCO - YANACANCHA
4. Instrumento de medición	EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO (CAZUELA CASAGRANDE)
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-CC
Procedencia	PERÚ
Número de Serie	097
Código de Identificación	NO INDICA
Tipo de contador	ANALÓGICO
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2021-07-27

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

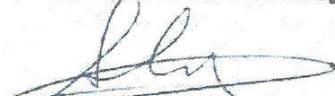
Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El Informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-07-27

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 073 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	01933-2021
2. Solicitante	CANCAPA HANCCO MARCIAL SIMON
3. Dirección	A.P.V. UNDAC - SAN JUAN MZA. LL LOTE. 4 GOBIERNO REGIONAL 4 CUADRAS PASCO-PASCO-YANACANCHA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-H136
Número de Serie	0143
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

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

Los resultados son validos en el momento 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 reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2021-07-27

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-07-27


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORR



☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD
PERFIL ESTATIGRAFICO



Solicitante : Bach. MAURICIO HERHUAY Harold Raul					
Obra/Proyecto : <i>Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural convencional, Pasco 2022</i>					
Ubicación :				Coordenadas :	
Departamento : Pasco				X :	m
Provincia : Pasco				Y :	m
Distrito : Yanacancha				Z :	m
Lugar : UNDAC- Pucayacu				Progresiva :	
Calicata :			Nivel Freático No se encontro		
Estrato :			Componente :		
Profundidad : 3.5 m			Fecha 01/12/02		
Espesor del Estrato m	Muestra	Clasificación		Características del Suelo	Símbolo del Tipo de Suelo
		SUCS	AASHTO		
				Se logra apreciar material orgánico en el primer estrato lo que se presume que se trata de un Pt (Turba y suelos altamente orgánicos)	Pt
				Se logra apreciar material de grava de diferentes tamaños con material que se presume limo, mismo que el estudio determinara en el laboratorio.	SM y/o SP

FIGURA 3
Simbología de Suelos (Referencia)

DESCRIPCIÓN		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULOSOS	SUELOS GRANULOSOS G/A/CSQS	GV		GRAVAS JEL<=1/2 WJUAO.
		GI		CP.VAMA.
		GL		C.AA(UJ,IOSII.
		GC		GR.YAARCII.LOSA
	SUELOS MEDIANOS A/BIEN Y SUELOS AJSIOSQS	&W		A!E!A BIEN GRADUA!!A
		G		AAftoAll!A.. GAAJUAoJA
		SM		AAEIIA U,IOSA
	SC		AREN.LAACUOSA	
SUELOS FINOS	SUELOS YAACUJAS (U<50)	U		UMO DE B.IJAPLASTI..I)AII
		a		ARCUAINORGAAICAOE SÁ..APLASIICIONI
		(X)		UUO CRGIIINCO OAAOJ.A OF.GAKIC!OE S"JA P!..I,STICID"1
	SUELOS YAACUJAS (U>50)	LIH		LMO II<P.GÁNICO DEAI.TAPIASTICIIW)
		CH		A!CI.I.> MJIGNdCAOE...>,PIASTICIOA)
		OH		..a.IOCJRGÁPO:OOA.q<UA ORGMFCAOE.&TA ...snacMo
SUELOS ORGANICOS 5UaOSAI.T I'EORGÑUCOS	PI		I O-;:ros SU.I.OSM.TAMEIUE ORGANms.	

**INFORME DE MATERIAL PARA EL RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA
CONTROLADA**

Sede: Av. Los nogales 251
El Agustino (Lima -Perú)
Sede: Jr. Lima N°320
Chaupimarca (Cerro de Pasco-
Perú)
Sede: Jr. Convento N°235
Andahuaylas (Apurímac-Perú)
Tel.: (+51) 956008394
hmhproyectosperusac@gmail.co
m



Ingeniería y Arquitectura
Gerencia de proyectos
Gestión de costos
Gestión de la calidad
Construcción y Servicios
Generales

- Tipo de suelo de acuerdo a la clasificación SUCS SM, siendo un material compuesto de Arena limosa con contenidos de gravas y escasamente arcillas lo cual aporta con el índice de plasticidad necesario.
- Resistencia a la compresión para el mejoramiento de la base de fundación $f'c = 4.00 \text{ kg/cm}^2, 6.00 \text{ kg/cm}^2, 8.00 \text{ kg/cm}^2$.
- Densidad suelta del material 1.74 kg/cm^3
- Cemento Andino / Portland Tipo I de 42.5 kg.
- Slump entre (4" a 6") para su trabajabilidad y verificación de resistencia a la compresión.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar las propiedades físicas de las muestras, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio de mecánicas de suelos en Consultoría, estudios y capacitación en ingeniería y construcción "OCEDA J&G CORPORACION S.A.C", de acuerdo a los procedimientos de la ASTM.

- Determinación del contenido de humedad D2216
- Análisis granulométrico por tamizado D422
- Limite líquido, plástico e índice de plasticidad D4318
- Clasificación de suelos, sistema SUCS D2487

4. CONCLUSIONES

El material de la zona denominada Pucayacu (UNDAC) de acuerdo a su clasificación SUCS es SM, que corresponde a un material de arena limosa con contenido de grava y pasante la malla N° 40 en 11.82% que nos indica un ligeramente un índice de plasticidad de 2.00 aceptable para la preparación del RFRC.

Lissette Rohs Mauricio Herhuay
GERENTE GENERAL

DISEÑO DE MEZCLA RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA

DOSIFICACION DE LOS MATERIALES DE MEZCLAS

1. PARAMETROS DE DISEÑO DEL MATERIAL RFRC

% de adición de cemento

Cemento= 3%

Resistencia de Diseño

$f'c = 8 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% CEMENTO ADICIONADO
$f'c = 8 \text{ kg/cm}^2$	3%

2. MATERIALES

2.1 CEMENTOS

	CEMENTO	TIPO	PESO ESPECIFICO	SUP. ESPECIFICA
	Portand Andino	I	3.12	3.3

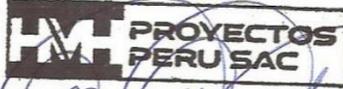
2.2 SUELO

	TIPO	FORMA	TAMAÑO MAX NOMINAL	PROVINCIA
	Suelos SM	Angular Variable	1"	PASCO

N°	DESCRIPCION	UND	SUELO
1	Cont. De Humedad	%	3.93
2	Clasificacion de suelo	Glb	SM
3	Limite liquido	%	15
4	Limite Plastico	%	13
5	Indice de plasticidad	%	2

3. ASENTAMIENTO O SLUMP

	TRABAJABILIDAD	COMPACTACION	CONSISTENCIA	SLUMP
	Trabajable	Autocompactable	Plastica	4" a 6"



Lissette Rohs Mauricio Herhuay
 GERENTE GENERAL

3. DOSIFICACION DE MATERIALES

DISEÑO A: Realizado el 18/03/2023

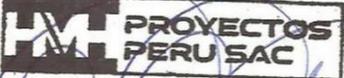
W	VALOR	UND
W Suelo	78.5	kg
W Cemento	2.355	kg
Agua	11.5	Litros
Slump	5"	Plg
PROPORCION UTILIZADA EN CAMPO		

Densidad

Peso del suelo	9700	g
Vol. Del cilindro	5560	cm3
Densidad seca del suelo	1.744604317	g/cm3
	1744.6	kg/m3

Por m3

Proporcion	VALOR	UND	
V Suelo	0.81	m3	1416.67 kg
W Cemento	42.5	kg	
Agua	207.5	Litros	
Slump	5"	Plg	



Lissette Rohs y Mauricio Herhuay
 GERENTE GENERAL

DISEÑO DE MEZCLA RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA

DOSIFICACION DE LOS MATERIALES DE MEZCLAS

1. PARAMETROS DE DISEÑO DEL MATERIAL RFRC

% de adición de cemento

Cemento= 2.5%

Resistencia de Diseño

$f'c = 6 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% CEMENTO ADICIONADO
$f'c = 6 \text{ kg/cm}^2$	2.50%

2. MATERIALES

2.1 CEMENTOS

	CEMENTO	TIPO	PESO ESPECIFICO	SUP. ESPECIFICA
	Portand Andino	I	3.12	3.3

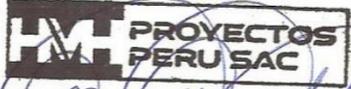
2.2 SUELO

	TIPO	FORMA	TAMAÑO MAX NOMINAL	PROVINCIA
	Suelos SM	Angular Variable	1"	PASCO

N°	DESCRIPCION	UND	SUELO
1	Cont. De Humedad	%	3.93
2	Clasificacion de suelo	Glb	SM
3	Limite liquido	%	15
4	Limite Plastico	%	13
5	Indice de plasticidad	%	2

3. ASENTAMIENTO O SLUMP

	TRABAJABILIDAD	COMPACTACION	CONSISTENCIA	SLUMP
	Trabajable	Autocompactable	Plastica	4" a 6"



PROYECTOS PERU SAC

Lissette Rohs Mauricio Herhuay

Lissette Rohs Mauricio Herhuay
GERENTE GENERAL

4. DOSIFICACION DE MATERIALES

DISEÑO A: Realizado el 21/03/2023

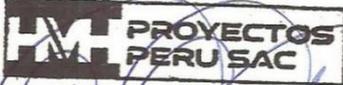
W	VALOR	UND
W Suelo	77.4	kg
W Cemento	1.935	kg
Agua	11.3	Litros
Slump	5"	Plg
PROPORCION UTILIZADA EN CAMPO		

Densidad

Peso del suelo	9700	g
Vol. Del cilindro	5560	cm3
Densidad seca del suelo	1.744604317	g/cm3
	1744.6	kg/m3

Por m3

Proporción	VALOR	UND	
V Suelo	0.97	m3	1700 kg
W Cemento	42.5	kg	
Agua	248.2	Litros	
Slump	5"	Plg	



Lissette Rohs y Mauricio Herhuay
 GERENTE GENERAL

DISEÑO DE MEZCLA RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA

DOSIFICACION DE LOS MATERIALES DE MEZCLAS

1. PARAMETROS DE DISEÑO DEL MATERIAL RFRC

% de adición de cemento

Cemento= 2%

Resistencia de Diseño

$f'c = 4 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% CEMENTO ADICIONADO
$f'c = 4 \text{ kg/cm}^2$	2%

2. MATERIALES

2.1 CEMENTOS

	CEMENTO	TIPO	PESO ESPECIFICO	SUP. ESPECIFICA
	Portand Andino	I	3.12	3.3

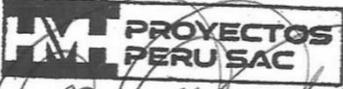
2.2 SUELO

	TIPO	FORMA	TAMAÑO MAX NOMINAL	PROVINCIA
	Suelos SM	Angular Variable	1"	PASCO

N°	DESCRIPCION	UND	SUELO
1	Cont. De Humedad	%	3.93
2	Clasificación de suelo	Glb	SM
3	Limite liquido	%	15
4	Limite Plastico	%	13
5	Indice de plasticidad	%	2

3. ASENTAMIENTO O SLUMP

	TRABAJABILIDAD	COMPACTACION	CONSISTENCIA	SLUMP
	Trabajable	Autocompactable	Plastica	4" a 6"



PROYECTOS PERU SAC



Lissette Rohs Mauricio Herhuay
GERENTE GENERAL

4. DOSIFICACION DE MATERIALES

DISEÑO A: Realizado el 23/03/2023

W	VALOR	UND
W Suelo	81.5	kg
W Cemento	1.63	kg
Agua	10.5	Litros
Slump	4"	Plg
PROPORCION UTILIZADA EN CAMPO		

Densidad

Peso del suelo	9700	g
Vol. Del cilindro	5560	cm3
Densidad seca del suelo	1.744604317	g/cm3
	1744.6	kg/m3

Por m3

Proporción	VALOR	UND	
V Suelo	1.22	m3	2125 kg
W Cemento	42.5	kg	
Agua	273.8	Litros	
Slump	4"	Plg	



Lissette Rohs Mauricio Herhuay
 GERENTE GENERAL

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION AXIAL DE PROBETAS
ESTANDAR DE RELLENO FLUIDO**

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE RELLENO FLUIDO RELLENO FLUIDO - RFRC

Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"

SOLICITANTE: : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
UBICACIÓN DE PROYECTO : Yanacancha - Pasco - Pasco
TIPO DE MUESTRA : Especímenes cilíndricos 6" x 12"
F'c DE DISEÑO : 4 kg/cm²
FECHA DE EMISIÓN : 23/04/2023
N° Registro : C11-23-019-01

N°	Identificación	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	d (cm)	Long (cm)	Área	Fuerza Maxima Kgf	Tipo de falla	Esfuerzo (Kg/cm ²)	% de Resistencia
1	RFRC 2%_(1)	23/03/2023	26/03/2023	3	15.054	20.32	177.981	340.00	2	1.91	47.76
2	RFRC 2%_(2)	23/03/2023	26/03/2023	3	15.069	20.43	178.336	350.00	2	1.96	49.06
3	RFRC 2%_(1)	23/03/2023	30/03/2023	7	15.023	20.43	177.249	630.00	2	3.55	88.86
4	RFRC 2%_(2)	23/03/2023	30/03/2023	7	15.078	20.43	178.549	640.00	2	3.58	89.61
5	RFRC 2%_(1)	23/03/2023	06/04/2023	14	15.084	20.43	178.694	800.00	2	4.47	111.75
6	RFRC 2%_(2)	23/03/2023	06/04/2023	14	15.040	20.43	177.653	780.00	2	4.48	110.00
7	RFRC 2%_(1)	23/03/2023	06/04/2023	14	15.040	20.43	178.992	760.00	2	4.28	106.95

OBSERVACIONES:

- 1 La presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su localidad (GUIA PERUANA INDECOPI: G004-1993)
- 2 Las probetas fueron elaboradas, identificadas y remitidas por el solicitante.

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf

MARCA PERUTEST

MODELO PC-120

MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0167 - 2021
EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
[Firma]
Miguel S. ZANCADA MANCOCO
INGENIERO CIVIL - CIP 168608
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE RELLENO FLUIDO RELLENO FLUIDO - RFRC

Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"

SOLICITANTE: : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Yanacancha - Pasco - Pasco
 TIPO DE MUESTRA : Especímenes cilíndricos 6" x 12"
 F'c DE DISEÑO : 6 kg/cm²
 FECHA DE EMISIÓN : 23/04/2023
 N° Registro : C11-23-019-02

N°	Identificación	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	d (cm)	Long (cm)	Área	Fuerza Maxima Kgf	Tipo de falla	Esfuerzo (Kg/cm ²)	% de Resistencia
1	RFRC 2.5%_(1)	21/03/2023	24/03/2023	3	15.110	20.32	179.308	500.00	2	2.79	46.47
2	RFRC 2.5%_(2)	21/03/2023	24/03/2023	3	15.116	20.43	179.450	600.00	2	3.34	55.73
3	RFRC 2.5%_(1)	21/03/2023	28/03/2023	7	15.081	20.43	178.634	750.00	2	4.37	69.98
4	RFRC 2.5%_(2)	21/03/2023	28/03/2023	7	15.023	20.43	177.253	800.00	2	4.51	75.22
5	RFRC 2.5%_(1)	21/03/2023	04/04/2023	14	14.898	20.43	174.326	1120.00	2	6.45	104.17
6	RFRC 2.5%_(2)	21/03/2023	04/04/2023	14	15.031	20.43	177.443	1190.00	2	6.71	111.77
7	RFRC 2.5%_(1)	21/03/2023	04/04/2023	14	15.115	20.33	179.435	1100.00	2	6.31	105.17

OBSERVACIONES:

- 1 La presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su localidad (GUIA PERUANA INDECOPI: G004 1993)
- 2 Las probetas fueron elaboradas, identificadas y remitidas por el solicitante.

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf

MARCA PERUTEST

MODELO PC-120

MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN GA - LF - 0167 - 2021
EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
 MORGUÍ S. CANCAPA HANCCO
 INGENIERO CIVIL - EP 166608
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capitaciones.cic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE RELLENO FLUIDO

RELLENO FLUIDO - RFRC

: Tesis: "Mejora de las Propiedades Mecánicas del Suelo con el uso del Relleno Fluido de Resistencia Controlada como sustituto del Relleno Estructural Convencional, Pasco 2022"

SOLICITANTE: : Bach. Harold Raúl Mauricio Herhuay
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Yanacancha - Pasco - Pasco
 TIPO DE MUESTRA : Especímenes cilíndricos 6" x 12"
 F'c DE DISEÑO : 8 kg/cm²
 FECHA DE EMISIÓN : 23/04/2023
 N° Registro : C11-23-019-03

N°	Identificación	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	d (cm)	Long (cm)	Área	Fuerza Máxima Kgf	Tipo de falla	Esfuerzo (Kg/cm ²)	% de Resistencia
1	RFRC 3%_(1)	18/03/2023	21/03/2023	3	15.059	20.32	178.100	800.00	2	4.49	56.15
2	RFRC 3%_(2)	18/03/2023	21/03/2023	3	15.070	20.43	178.376	820.00	2	4.60	57.46
3	RFRC 3%_(1)	18/03/2023	25/03/2023	7	15.040	20.43	177.653	1080.00	2	6.08	75.99
4	RFRC 3%_(2)	18/03/2023	25/03/2023	7	15.081	20.43	178.634	1020.00	2	5.77	72.13
5	RFRC 3%_(1)	18/03/2023	01/04/2023	14	15.074	20.43	178.470	1590.00	2	8.91	111.36
6	RFRC 3%_(2)	18/03/2023	01/04/2023	14	15.154	20.43	180.363	1530.00	2	8.46	106.00
7	RFRC 3%_(1)	18/03/2023	01/04/2023	14	15.070	20.33	178.360	1560.00	2	8.60	107.40

OBSERVACIONES:

1. La presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su localidad (GUIA PERUANA INDECOPI: G004-1993).
2. Las probetas fueron elaboradas, identificadas y remitidas por el solicitante.

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf

MARCA PERUTEST

MODELO PC-120

MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0167 - 2021
EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA FF - 001 CAPACIDAD: 150000 kg-f



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
 Marcel S. CANCAYA HUANCOC
 INGENIERO CIVIL - 200 45669
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccc@gmail.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0167 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	03042-2021
2. Solicitante	BLAS OCEDA GIOVANA JESSICA
3. Dirección	JR. AGUSTIN GAMARRA 114 - SAN JUAN - PASCO - PASCO - YANACANCHA
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	120000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PC-120
Número de Serie	1105
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X5P
Número de Serie	1105
Resolución	10 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2021-11-12

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

Los resultados son válidos en el momento 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 reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-11-12

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



ANEXO 2

IMÁGENES DE LA INVESTIGACION REALIZADA



FOTOGRAFIA N°001: Vista general del lugar de donde se extrajo la muestra de suelo



FOTOGRAFIA N°002: Excavación del terreno



FOTOGRAFIA N°003: Vista del perfil estratigráfico



FOTOGRAFIA N°004: Vista de la extracción del material



FOTOGRAFIA N°005: Vista de la preparación del material para el diseño



FOTOGRAFIA N°006: Vista del mezclado del RFRC con porcentaje de cemento variable



FOTOGRAFIA N°007: Vista de la elaboración de probetas de RFRC



FOTOGRAFIA N°008: Vista de la prueba de revenimiento (Slump)



FOTOGRAFIA N°009: Vista del fraguado de probetas RFRC



FOTOGRAFIA N°010: Vista de las probetas con distintos % cemento de RFRC



FOTOGRAFIA

del ensayo a compresión del RFRC

N°011: Vista



FOTOGRAFIA N°012: Vista del tipo de falla de las probetas de RFRC



FOTOGRAFIA N°013: Vista realizando el ensayo a la compresión de las probetas de RFRC

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis y evaluación

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA E INSTRUMENTOS
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente			Nivel de Investigación
¿Cómo el uso del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) mejora las propiedades mecánicas del suelo para su utilización como sustituto del relleno estructural convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022?	Determinar cómo el uso del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) mejora las propiedades mecánicas del suelo para su utilización como sustituto del relleno estructural convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022.	A través del planteamiento para la mejora de las propiedades mecánicas del suelo mediante la utilización del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) elaborando diseños de mezcla con resistencias variables se podrá realizar óptimos rellenos y servirá como sustituto de relleno estructural convencional, Pasco 2022.	Comportamiento mecánico del Relleno Fluido de Resistencia Controlada.	Resistencia a la comprensión. Tiempo en la que el RFRC alcanza el 100% de su capacidad	Normas ACI estándares. Curva esfuerzo- deformación	Experimental Tipo de Investigación Cuantitativo
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	Variable Independiente			
¿Cuál es la influencia en el análisis técnico al usar el relleno de resistencia controlada (RFRC) como reemplazo del relleno convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022?	Determinar cuál es la influencia en el análisis técnico al usar el relleno de resistencia controlada (RFRC) como reemplazo del relleno convencional en proyectos de construcción, Pasco 2022.	El uso del Relleno Fluido de Resistencia controlada influye en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo para un buen desempeño de este, y servirá como base para futuros proyectos de construcción, Pasco 2022.	Diseño del relleno fluido de resistencia controlada con porcentajes variables de adición de cemento.	Funciones y Beneficios estructurales	Estándares de calidad de un suelo mejorado	-Instrumentos de Laboratorio Equipos de ensayo para determinar propiedades del RFRC.
¿Cuáles son las aplicaciones del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) y que usos se le darán en proyectos de construcción, Pasco 2022?	Determinar cuáles son las aplicaciones del relleno fluido de resistencia controlada y que usos se le darán en proyectos de construcción, Pasco 2022.	El RFRC por ser un material innovador y con muy buenos resultados en los proyectos donde se pusieron en práctica aporta beneficios en tiempo, costo, alcance y calidad en proyectos de construcción, Pasco 2022.		Factor de calidad Factor tiempo	-Calidad del RFRC -Tiempo de endurecimiento del RFRC	-Hojas de cálculo para el procesamiento de datos.
¿Cuál es el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del RFRC en campo, tomando en consideración las condiciones prevalecientes del lugar, Pasco 2022?	Proponer el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del RFRC, tomando en consideración las condiciones prevalecientes del lugar, Pasco 2022.	Se logrará elaborar un procedimiento para la elaboración y aplicación del RFRC (Relleno fluido de resistencia controlada) teniendo en cuenta las condiciones más relevantes en proyectos de construcción, Pasco 2022.		Diseño de mezcla	-Granulometría -Dosificación -Características generales -Consistencia	Muestra: Muestreo no probabilístico 9 testigos de RFRC
¿Cómo realizar un diseño de mezcla de RFRC para las mejoras mecánicas del suelo, con resistencias de 4 kg/cm2, 6 kg/cm2 y 8 kg/m2, para ser ensayados a edades de 3, 7, 14 y 28 días, Pasco 2022?	Realizar un diseño de mezcla de RFRC para las mejoras mecánicas del suelo, con resistencias de 4 kg/cm2, 6 kg/cm2 y 8 kg/m2, para ser ensayados a edades de 3, 7, 14 y 28 días, Pasco 2022.	Se lograrán mejoras mecánicas con los diseños de mezcla de RFRC con resistencias de 4 kg/cm2, 6 kg/cm2 y 8 kg/cm2 y estas serán óptimas como relleno estructural en proyectos, Pasco 2022.		Manual con procedimientos de aplicación	Manuales internacionales de aplicación RFRC	Población: Cerro de Pasco - Chaupimarca
¿Es factible remplazar un relleno compactado o convencional por un RFRC, partiendo de la mejora de sus propiedades mecánicas en proyectos de construcción, Pasco 2022?	Determinar si es factible remplazar un relleno estructural convencional por un RFRC, partiendo de la mejora de sus propiedades mecánicas en proyectos de construcción, Pasco 2022.	El relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) es un remplazo óptimo para los diferentes tipos de relleno estructurales, partiendo de la mejora en sus propiedades mecánicas y su aplicación en proyectos de construcción. Pasco 2022.	Propiedades Físicas Y químicas	-Adherencia -Resistencia a la comprensión -Resistencia a la abrasión -Seguridad		
¿Cuánto influye el suelo, el agua y el cemento en la mejora de las propiedades mecánicas de un RFRC para su utilización en proyectos de construcción, Pasco 2022?	Estudiar las características del suelo, el agua y el cemento en la mejora de las propiedades mecánicas de un RFRC para su utilización en proyectos de construcción, Pasco 2022.	La influencia del suelo, el agua y el cemento es primordial para la mejora de las propiedades mecánicas del Relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) para su utilización en proyectos de construcción, Pasco 2022.	Calidad de los materiales intervinientes	Reglamento Nacional de Edificaciones		
			Variable Interviniente	Condición climática	-Temperatura -Presión Atmosférica -Precipitaciones -Viento	Sist. de Análisis de Datos
			Ubicación del Proyecto: Cerro de Pasco. Altitud: 4380 m.s.n.m			Estadístico

FUENTE: Elaboración propia