

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto del polímero en la mezcla del material para el  
tratamiento superficial del piso de los circuitos de  
tránsito peatonal del Parque Arqueológico  
Nacional de Machupicchu - Cusco 2021**

Iroshka Alexandra Sato Mujica

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme salud y fortaleza por llegar a esta etapa de mi vida.

A la Universidad Continental, por haberme permitido ser parte de esta gran casa de estudio y contribuir en la formación de mi vida profesional.

A la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco, por permitirme el acceso, brindarme todos los recursos e información necesarias para llevar a cabo el proceso de investigación; no hubiese podido lograr estos resultados de no haber sido por su incondicional apoyo.

A mi madre, por ser un pilar importante en mi vida, tu amor infinito y apoyo me alienta a salir adelante y lograr mis objetivos, gracias por tu paciencia y comprensión durante el desarrollo de esta tesis.

A mi hermano, por darme la fuerza para vencer las dificultades y ser mejor cada día.

A mi familia que me apoya en todo momento, mis principales motivadores y los formadores de lo que soy ahora como persona, sin ustedes y sus consejos no habría llegado hasta donde estoy.

Les quiero dar las gracias muy especialmente a mis tíos Miriam y Steve por su apoyo absoluto y su tiempo, no solo en la elaboración de este trabajo de investigación, sino a lo largo de mi carrera universitaria. Muchísimas gracias por los consejos.

A mi asesor, el Ing. Jorge Aurelio Ticlla Rivera, por el tiempo brindado, por sus acertadas correcciones y por guiarme en todo el proceso.

Al Ing. Cesar Arbulú Jurado, por compartir sus conocimientos para fortalecer la investigación en el tema.

A todos mis familiares y amigos, por su apoyo emocional en todo este proceso.

Gracias por confiar en mí, este trabajo es para ustedes.

## DEDICATORIA

*A Dios, porque sin él nada es posible.*

*A mi madre, quien desde niña ha fomentado en mí grandes valores y me ha brindado la oportunidad de recibir los mejores estudios, tanto en la etapa escolar como universitaria.*

*Tu apoyo fue vital para culminar con éxito mi carrera.*

*Por eso te doy mi trabajo en agradecimiento por tu paciencia y amor madre mía, te amo.*

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del Problema.....	6
1.1.2.1. Problema General .....	6
1.1.2.2. Problemas Específicos .....	6
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1. Objetivo General .....	6
1.2.2. Objetivos Específicos .....	6
1.3. Justificación e Importancia.....	7
1.3.1. Justificación Socio-Cultural .....	7
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables.....	7
1.4.1. Hipótesis General.....	7
1.4.2. Hipótesis Nula.....	7
1.4.3. Hipótesis Específicas .....	7
1.4.4. Descripción de Variables.....	8
1.4.5. Operacionalización de Variables .....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10

2.1.	Antecedentes del Problema.....	10
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	10
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	11
2.1.3.	Antecedentes Locales .....	12
2.2.	Bases Teóricas.....	12
2.2.1.	Desgaste del Suelo .....	12
2.2.2.	Estabilización de Suelos .....	13
2.2.3.	Resistencia a la Compresión Simple .....	15
2.2.4.	Granulometría .....	15
2.2.5.	Compactación de Suelos.....	16
2.2.6.	Polímero.....	17
2.2.7.	Sistema CONSOLID.....	19
2.2.8.	Patrimonio Cultural.....	21
2.2.9.	Absorción Capilar .....	21
2.2.10.	Esfuerzos Provocados por el Peso de una Persona .....	22
2.2.11.	Polisuelo.....	22
CAPÍTULO III.....		24
METODOLOGÍA .....		24
3.1.	Método y Alcance de la Investigación.....	24
3.1.1.	Método de la Investigación .....	24
3.1.2.	Alcance de la Investigación .....	24
3.2.	Diseño de la Investigación.....	25
3.3.	Población y Muestra .....	35
3.3.1.	Población .....	35
3.3.2.	Muestra .....	36
3.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	37
3.4.1.	Técnicas de Recolección de Datos.....	37
3.4.2.	Instrumentos de Recolección de Datos .....	37

3.4.3. Validez de Instrumentos de Investigación.....	41
3.4.3. Procedimientos de Recolección de Datos .....	47
3.4.3.1. Etapa 1: Muestreo en Campo.....	49
3.4.3.2. Etapa 2: Preparación y Secado de Especímenes.....	50
3.4.3.3. Etapa 3: Medición de la Resistencia a la Compresión Simple.....	68
3.4.3.4. Etapa 4: Medición de la Absorción Capilar .....	71
CAPÍTULO IV .....	74
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	74
4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información.....	74
4.1.1. Resultado del análisis Granulométrico.....	74
4.1.2. Resultado del Contenido de Humedad de Compactación - Fase 1.....	75
4.1.3. Resultado Densidad Seca - Fase 1 .....	77
4.1.4. Resultado del Contenido de Humedad de Compactación - Fase 2.....	80
4.1.5. Resultado Densidad Seca - Fase 2 .....	82
4.1.6. Resultado Resistencia a la Compresión Simple .....	85
4.1.7. Resultado Absorción Capilar .....	87
4.2. Prueba de Hipótesis .....	88
4.2.1. p-valor Fase 1- Contenido de Humedad.....	88
4.2.2. p-valor Fase 1 - Densidad Seca .....	88
4.2.3. p-valor Fase 2 - Contenido de Humedad.....	88
4.2.4. p-valor Fase 2 - Densidad Seca .....	89
4.2.5. p-valor - Resistencia a la compresión.....	89
4.3. Discusión de Resultados .....	90
CONCLUSIONES .....	92
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	99
ANEXOS.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	9
Tabla 2. Resumen del diseño experimental Fase 1. ....	26
Tabla 3. Determinación de niveles para la Fase 1. ....	26
Tabla 4. Matriz de formulaciones Fase 1 .....	27
Tabla 5. Matriz de diseño Fase 1 .....	27
Tabla 6. Resumen del diseño experimental Fase 2. ....	29
Tabla 7. Determinación de niveles para la Fase 2. ....	29
Tabla 8. Matriz de formulaciones Fase 2. ....	30
Tabla 9. Matriz de diseño Fase 2. ....	30
Tabla 10. Resumen del diseño experimental Fase 3.....	32
Tabla 11. Determinación de niveles para la Fase 3.....	32
Tabla 12. Matriz cuantitativa de proporciones Fase 3. ....	33
Tabla 13. Matriz de diseño Fase 3.....	34
Tabla 14. Ficha de recolección de datos de granulometría. ....	38
Tabla 15. Ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple. ....	39
Tabla 16. Ficha de recolección de datos de absorción capilar. ....	40
Tabla 17. Perfil profesional de los expertos designados. ....	41
Tabla 18. Validación del instrumento granulometría por el experto 1.....	41
Tabla 19. Validación del instrumento granulometría por el experto 2.....	42
Tabla 20. Validación del instrumento granulometría por el experto 3.....	42
Tabla 21. Resumen de la evaluación del instrumento granulometría. ....	43
Tabla 22. Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 1. .....	43
Tabla 23. Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 2. .....	44
Tabla 24. Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 3. .....	44
Tabla 25. Resumen de la evaluación del instrumento resistencia a la compresión simple. .....	45
Tabla 26. Validación del instrumento absorción capilar por el experto 1.....	45
Tabla 27. Validación del instrumento absorción capilar por el experto 2.....	46
Tabla 28. Validación del instrumento granulometría por el experto 3.....	46
Tabla 29. Resumen de la evaluación del instrumento absorción capilar. ....	47
Tabla 30. Dosificación de los ensayos para la primera fase.....	55

Tabla 31. Dosificación de los ensayos para la segunda fase. ....	59
Tabla 32. Dosificación de los ensayos para la tercera fase.....	64
Tabla 33. Estadísticas de la regresión. ....	75
Tabla 34. Estadísticas de la regresión. ....	77
Tabla 35. Estadísticas de la regresión. ....	80
Tabla 36. Estadísticas de la regresión. ....	82
Tabla 37. Coeficientes de densidad seca de los factores para la Fase 2. ....	84
Tabla 38. Estadísticas de la regresión. ....	85
Tabla 39. Coeficientes de resistencia a la compresión simple de Solidry y C444.....	86
Tabla 40. p-valor de los materiales en la Fase 1 para el contenido de humedad. ....	88
Tabla 41. p-valor de los materiales en la Fase 1 para la densidad seca. ....	88
Tabla 42. Valores p de los materiales en la Fase 2 para el contenido de humedad. ....	89
Tabla 43. Valores p de los materiales en la Fase 2 para la densidad seca. ....	89
Tabla 44. p-valor de los materiales para la resistencia a la compresión.....	89
Tabla 45. Rango de valores de contenido de humedad para diferentes tipos de suelo. ...	91
Tabla 46. Proporciones de materiales para la elaboración de Polisuelo.....	93
Tabla 47. Proporciones en porcentaje para la preparación de Polisuelo. ....	94
Tabla 48. Proporciones en metro cúbico para la preparación de Polisuelo. ....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.....	2
Figura 2. Desgaste provocado en el piso efecto del desplazamiento de los visitantes. ....	2
Figura 3. Pérdida de material en la superficie de piso.....	3
Figura 4. Trabajos de conservación y mantenimiento en estructuras.....	3
Figura 5. Piso de los circuitos de tránsito peatonal del parque.....	4
Figura 6. Deterioro del piso de los circuitos por cambios de temperatura. ....	4
Figura 7. Desgaste del piso por efecto del calzado de los visitantes.....	5
Figura 8. Curva granulométrica.....	16
Figura 9. Sistema Consolid (C-444 y Solidry).....	19
Figura 10. Esfuerzos debidos a la presión de una persona.....	22
Figura 11. Gráfico de dispersión de los factores tierra, arcilla y arena para los ensayos de la fase 1.....	28
Figura 12. Gráfico de dispersión de los factores agua, arcilla y arena para los ensayos de la fase 1.....	28
Figura 13. Gráfico de dispersión de los factores agua, arena y arcilla para los ensayos de la Fase 2.....	31
Figura 14. Gráfico de dispersión de los ensayos de la fase 3. Gráfico de dispersión de los factores C444 y Solidry para los ensayos de la Fase 3.....	35
Figura 15. Dimensión de la muestra circular ya compactada. ....	36
Figura 16. Diagrama de flujo de la investigación.....	48
Figura 17. Envase de recolección de muestra. ....	49
Figura 18. Muestras de los materiales arena, arcilla y tierra. ....	49
Figura 19. Secado de la muestra en horno. ....	51
Figura 20. Pesado de la muestra de suelo seca. ....	51
Figura 21. Proceso de zarandeo y pesado.....	52
Figura 22. Material retenido en cada tamiz. ....	53
Figura 23. Preparación de las 11 muestras.....	55
Figura 24. Proceso de compactación.....	56
Figura 25. Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.....	56
Figura 26. Pesado de la muestra húmeda para ser llevado al horno.....	57
Figura 27. Pesado y registro de datos .....	58
Figura 28. Desmoldado del espécimen de la mezcla utilizada actualmente para el tratamiento de pisos .....	59

Figura 29. Preparación de la muestra .....	60
Figura 30. Procedimiento de mezclado de la muestra.....	60
Figura 31. Llenado del molde y compactación. ....	61
Figura 32. Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.....	62
Figura 33. Desmoldado y secado de la muestra. ....	62
Figura 34. Pesado y registro de datos. ....	63
Figura 35. Procedimiento de mezclado de materiales sólidos.....	65
Figura 36. Procedimiento de mezclado de materiales líquidos.....	65
Figura 37. Obtención de la mezcla homogénea. ....	66
Figura 38. Llenado del molde y compactación. ....	66
Figura 39. Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.....	67
Figura 40. Desmoldado y secado de especímenes.....	67
Figura 41. Flujograma del ensayo resistencia a la compresión simple.....	68
Figura 42. Pesado, medición del diámetro y altura del espécimen de Polisuelo.....	70
Figura 43. Espécimen sometido a compresión simple. ....	70
Figura 44. Flujograma del ensayo absorción capilar. ....	71
Figura 45. Pesado, medición del diámetro y altura del espécimen de Polisuelo.....	73
Figura 46. Especímenes sometidos a hidratación durante 1 hora.....	73
Figura 47. Curva granulométrica del material extraído.....	74
Figura 48. Gráfico de los residuales de Tierra.....	75
Figura 49. Gráfico de los residuales de arcilla.....	76
Figura 50. Gráfico de los residuales de agua.....	76
Figura 51. Gráfico de los residuales de arena.....	76
Figura 52. Efecto de los factores tierra, arcilla, agua y arena en el contenido de humedad. .....	77
Figura 53. Gráfico de los residuales de tierra.....	78
Figura 54. Gráfico de los residuales de arcilla.....	78
Figura 55. Gráfico de los residuales de agua.....	78
Figura 56. Gráfico de los residuales de arena.....	79
Figura 57. Efecto de los factores tierra, arcilla, agua y arena en la densidad seca. ....	79
Figura 58. Gráfico de Densidad Seca VS Contenido de humedad y curva de compactación. .....	80
Figura 59. Gráfico de los residuales de agua.....	81
Figura 60. Gráfico de los residuales de arena.....	81
Figura 61. Gráfico de los residuales de caolín. ....	81

Figura 62. Efecto de los factores agua, caolín y arena en el contenido de humedad. ....	82
Figura 63. Gráfico de los residuales de agua.....	83
Figura 64. Gráfico de los residuales de caolín. ....	83
Figura 65. Gráfico de los residuales de arena.....	83
Figura 66. Resultado de la optimización por mínimos cuadrados parciales. ....	84
Figura 67. Gráfico de los residuales de Solidry .....	85
Figura 68. Gráfico de los residuales de C-444. ....	86
Figura 69. Resistencia a la compresión seca VS Porcentaje de Solidry.....	87
Figura 70. Altura de absorción capilar luego de una hora VS Porcentaje de Solidry. ....	87
Figura 71. Análisis de Costos unitarios utilizado actualmente por el Plan Maestro del Santuario Historio de Machupicchu.....	95
Figura 72. Análisis de Costos unitarios para el tratamiento de pisos con Polisuelo.....	95

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental y de enfoque cuantitativo. Tiene como objetivo determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Se obtuvieron las muestras del material de las canteras de Rumira – Ollantaytambo para realizar el análisis granulométrico, ensayos Proctor modificado en 3 fases y ensayos de absorción capilar determinando el contenido de humedad óptimo, densidad máxima seca, resistencia a la compresión simple seca y sumergida.

Se analizó el efecto del polímero sobre la mezcla utilizando dosificaciones de (0%,0.1% 0.25% y 0.5%) del polímero líquido y dosificaciones de (0%, 1%,2% y 4%) para el polímero sólido.

Se ha demostrado que por cada 1% de polímero sólido que se aumenta al suelo, éste eleva su resistencia en 3.53 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, también se ha evidenciado que, al incrementar el porcentaje de polímero líquido, la resistencia a la compresión de la mezcla se ve disminuida.

La absorción capilar disminuye notablemente, siendo, para una dosis de 4% de polímero sólido, la absorción capilar se reduce hasta un valor de 16%; es decir, que la absorción capilar es la cuarta parte respecto del espécimen sin polímero.

Finalmente, la presente investigación brindará una propuesta de mejora en el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu y servirá como antecedente para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Polímero, resistencia a la compresión simple, absorción capilar.

## ABSTRACT

The current research is an experimental type with a quantitative focus. The objective is to determine the effect of polymer in the mixture of material for the surface treatment of pathways of pedestrian traffic circuits of National Archeological Machupicchu Park.

The material samples were obtained from the Rumira - Ollantaytambo quarries, to perform the granulometric analysis, modified Proctor tests in 3 phases and capillary absorption tests determining the optimum moisture content, maximum dry density, resistance of simple dry compression and submerged.

The effect of the polymer on the mixture was analyzed using dosages of (0%, 0.1%, 0.25% and 0.5%) for the liquid polymer and dosages of (0%, 1%, 2% and 4%) for the solid polymer. It has been shown that for every 1% of solid polymer that is increased to soil, it increases to resistance by 3.53 kg / cm<sup>2</sup>. However, it has also been shown that, as the percentage of liquid polymer increases, the resistance to the compression of the mixture is decreased.

The decreased capillary absorption was significant, with a dose of 4% of Solidry, the capillary absorption decreased to a value of 16%; that is, the capillary absorption is the fourth part with respect to the specimen without polymer.

Finally, the current research will provide improvement in the surface treatment of the streets of National Archeological Machupicchu Park and will serve as a precedent for future research.

**Keywords:** Polymer, resistance to simple compression, capillary absorption.

## INTRODUCCIÓN

El Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu es una herencia ancestral y fuente de orgullo para los peruanos, es considerado como un centro turístico de atractivo mundial que genera ingresos importantes en nuestro país debido a que recibe anualmente 1.5 millones de visitantes aproximadamente, este elevado número de transeúntes implica un desgaste de la superficie de tránsito, además que esta zona se caracteriza por tener un clima variado (cálido y lluvioso) debido a que está ubicado en una zona subtropical por encima de los 2400 m.s.n.m. y entre las vertientes de la cordillera de los Andes y los bosques de la ceja de selva amazónica. Esta exposición constante a factores climáticos genera daño en la superficie; en este sentido, dichos elementos como la humedad, sobrecarga de tránsito peatonal y otros factores ambientales ocasionan erosión, deterioro y debilitamiento de la superficie.

En la actualidad el tratamiento superficial de los pisos de tránsito peatonal se realiza utilizando métodos tradicionales que consisten en preparar una mezcla de tierra, limo y cuarzo; extraídos de las canteras de Rumira – Ollantaytambo y las playas del Rio Urubamba, algunas veces se utiliza algún tipo de estabilizante natural como puede ser cal, ceniza o mucílago, luego se procede a la compactación del piso de manera rústica utilizando un compactador manual de madera.

Por lo que es necesario el tratamiento y renovación continua del piso de los circuitos de tránsito peatonal. Por lo tanto, se debe apelar a las soluciones de ingeniería civil para mitigar los efectos de dicho deterioro con la consecuente inversión económica y de esta manera mejorar la transitabilidad peatonal en el circuito turístico de Machupicchu, permitiendo a los visitantes disfrutar de esta maravilla de la humanidad.

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para mejorar el tratamiento de piso utilizando una mezcla conformada por cuarzo, polímero (Solidry), caolín y agua a la cual se denominará “Polisuelo” *(Autor: Iroshka Alexandra Sato Mujica – 2021 DR)*. El polímero Solidry es un producto en polvo granulado formado por la mezcla de catalizadores e intercambiadores iónicos alcanzando un efectivo poder de mejoramiento de las propiedades de permeabilidad y resistencia. Este producto no es tóxico, no contamina el medio ambiente, no genera perjuicios ni daños a los monumentos históricos. La finalidad del presente trabajo de investigación es aportar una propuesta innovadora de mejora y optimización utilizando el polímero en el diseño de mezcla que influye significativamente en el proceso del tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y Formulación del Problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Las zonas arqueológicas alrededor del mundo se encuentran regularmente en riesgo significativo de deterioro con el paso del tiempo por su exposición constante a fenómenos naturales como el viento, la lluvia, la radiación solar y elementos físicos producidos por la actividad humana como son el continuo desplazamiento que genera el desgaste y pérdida en la superficie de tránsito de los visitantes, entre otros.

Bajo este contexto, estos factores conllevan al gradual deterioro irreversible del valor histórico de los monumentos arqueológicos y culturales, por lo que es necesaria la intervención constante instalando cubiertas protectoras y aditivos amigables con el medio ambiente que garanticen la durabilidad y resistencia de la superficie de tránsito, los cuales deben ser monitoreados constantemente para mantener su integridad en el tiempo.

Desde el inicio del siglo XXI el uso de grandes equipos de estabilización en la construcción de carreteras se convirtió en una realidad en Latinoamérica. Grandes estabilizadoras como CMI – TEREX y WIRTGEN lograron obtener capas de estabilización superiores a 300 mm las que, en comparación con las utilizadas en la construcción tradicional mediante reemplazo de material granular, reportan un ahorro económico sustancial para los proyectos viales (1).

Los estabilizadores utilizados y especificados en las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones actualmente en el Perú son: la cal y el cemento; dado que los polímeros tienen múltiples presentaciones aún no han sido desarrollados en la norma. La cal fue incorporada como agente estabilizador para mejorar la trabajabilidad del suelo y el cemento fue utilizado desde 1995 como





**Figura 3.** *Perdida de material en la superficie de piso.*

Para la conservación de este importante monumento arqueológico, se realiza tareas de mantenimiento trimestral de las estructuras arquitectónicas, estructuras contemporáneas (pasamanos, escaleras, señaléticas, coberturas) y el tratamiento de pisos de los circuitos de tránsito peatonal mediante métodos manuales de compactación tradicional.



**Figura 4.** *Trabajos de conservación y mantenimiento en estructuras.*

Usualmente, para el tratamiento del piso de los circuitos de tránsito peatonal del parque se utilizan materiales extraídos de las canteras aledañas de Rumira – Ollantaytambo y las playas del Rio Urubamba con los cuales se obtendrá una mezcla compuesta por: tierra, arena y arcilla; en algunas ocasiones se agrega a la mezcla cierto tipo de estabilizante natural como puede ser cal, ceniza, mucílago y fibras naturales.



**Figura 5.** *Piso de los circuitos de tránsito peatonal del parque.*

Por otro lado, el efecto del desgaste depende del tipo de calzado de los visitantes, además del rango de temperaturas y ciclos de secado - humedecimiento al que es sometido el material por estar expuesto a un clima cálido y lluvioso debido a que está ubicado en una zona subtropical.



**Figura 6.** *Deterioro del piso de los circuitos por cambios de temperatura.*



**Figura 7.** *Desgaste del piso por efecto del calzado de los visitantes.*

De acuerdo a los Artículo 7 y 19 de la Resolución Ministerial N° 070-2017-MC REGLAMENTO DE USO SOSTENIBLE Y VISITA TURÍSTICA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA LLAQTA O CIUDAD INKA DE MACHUPICCHU y su modificatoria Resolución Ministerial N° 216-2018-MC. El Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu denomina como circuito peatonal al recorrido de diversos destinos que integran los monumentos, espacios públicos y andenes dentro de la Llaqta de Machupicchu.

La clasificación de vías según el MTC es:

Por demanda:

- Autopistas de Primera Clase
- Autopistas de Segunda Clase
- Carreteras de Primera Clase
- Carreteras de Segunda Clase
- Carreteras de Tercera Clase
- Trochas Carrozables

Por orografía:

- Terreno plano (tipo 1)
- Terreno ondulado (tipo 2)
- Terreno accidentado (tipo 3)
- Terreno escarpado (tipo 4)

Por lo tanto, el circuito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu no se encuentra en la clasificación de vías según el MTC; ni se ajusta a los parámetros técnicos para el diseño de vías del MTC.

## **1.1.2. Formulación del Problema**

### **1.1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?

### **1.1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?
- ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?
- ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

### **1.3. Justificación e Importancia**

#### **1.3.1. Justificación Socio-Cultural**

El Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu convoca visitantes de todo el mundo cuyo número va incrementando anualmente, el deterioro del patrimonio cultural material está en relación directa al número de visitantes, sin embargo, se debe apelar a las soluciones de ingeniería civil para mitigar los efectos de dicho deterioro y a su vez permitir a los visitantes disfrutar de esta maravilla de la humanidad.

La investigación permitirá determinar el efecto del polímero para el tratamiento superficial de los pisos peatonales del parque, reduciendo costos y tiempos en las labores destinadas a este fin; proporcionando una superficie cómoda, segura y durable para el tránsito de los visitantes.

### **1.4. Hipótesis y Descripción de Variables**

#### **1.4.1. Hipótesis General**

La utilización del polímero en el diseño de mezcla influye significativamente en el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

#### **1.4.2. Hipótesis Nula**

La utilización del polímero en el diseño de mezcla no influye significativamente en el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

#### **1.4.3. Hipótesis Específicas**

El polímero influye significativamente en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

El polímero influye significativamente en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

El polímero influye significativamente en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

#### 1.4.4. Descripción de Variables

**Variable Independiente:** Polímero en la mezcla del material.

Los polímeros son macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (conocidas como monómeros) que se repiten a lo largo de toda la cadena (2).

**Variable Dependiente:** Tratamiento superficial del piso.

Un tratamiento superficial es un proceso de fabricación que se realiza para dar características determinadas a la superficie de un piso.

### 1.4.5. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
<b>Variable independiente:</b> Polímero en la mezcla del material	Los polímeros son macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (conocidas como monómeros) que se repiten a lo largo de toda la cadena (2).	Se medirá el porcentaje del polímero (Solidry y/o C-444) en la mezcla mediante las dosificaciones.	Solidry	Dosificación del componente solido	g	Razón
			C-444	Dosificación del componente liquido	g	
<b>Variable dependiente:</b> Tratamiento superficial del piso	Es un proceso de fabricación que se realiza para dar características determinadas a la superficie de un piso.	Este tratamiento se medirá tomando en cuenta la resistencia a la compresión simple, propiedades físicas y durabilidad.	Resistencia	Resistencia a la compresión simple	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Propiedades Físicas	Contenido de humedad	Porcentaje	
				Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	
Durabilidad	Absorción capilar	mm				

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del Problema**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**(GARCÍA TORO, 2019)** En Colombia el 25% de la población vive en zona rural. Según el último boletín sobre estado de la red vial, del 100% de vías no pavimentadas, el 11.54 % de ellas se encuentran en buen estado y el 51.97% en mal estado. Esta investigación busca estudiar la técnica de mezcla suelo-cemento y su comportamiento mecánico en un tipo de arcilla como caolín, además se adicionan diferentes porcentajes de cemento que varían desde el 0% hasta el 12% de peso en masa. El caolín, como la gran mayoría de suelos finos, presenta un comportamiento frágil ante la ausencia del agua, el cual se pudo compensar con un porcentaje del 12% de cemento, ya que este aumentó considerablemente el enlace entre sus partículas y por consiguiente su resistencia (3).

**(PAPATZANI, 2001)** El objetivo del proyecto fue comprobar si los compuestos poliméricos pueden utilizarse como materiales de construcción en sistemas de suelos. Se estudió la naturaleza del material y su aplicación como elemento estructural principal, se trata de un compuesto muy ligero pero resistente y duradero, con un buen comportamiento tensión-deformación y buenas propiedades mecánicas. El trabajo se concentró en la construcción de un sistema de pavimento de sección transversal de caja fabricado con fibras de vidrio dispersas en una matriz de poliéster. Se demostró que satisfacía los principales requisitos de diseño, además de la carga, el cortante y las deflexiones. En resumen, se demostró que el polímero reforzado con fibra de vidrio puede utilizarse económica y técnicamente como material de construcción principal en los sistemas de suelos (4).

**(UDAWATTHA Y OTROS, 2017)** El crecimiento de la población y la rápida urbanización han llevado al desarrollo masivo de infraestructura en muchos sectores. Sin embargo, se ha prestado poca atención al confort humano y la sostenibilidad ambiental de los adoquines. El objetivo es buscar un material de pavimento de tierra ecológico alternativo para las vías públicas con la resistencia y las propiedades duraderas del concreto, garantizando la comodidad de los peatones. Se cambió el porcentaje de partículas finas mientras se mantenía constante la arena y la grava, para obtener una mezcla óptima más práctica. Los resultados obtenidos revelaron que los adoquines pueden producirse utilizando tierra con menos del 5% de partículas finas, 55% de 65% de partículas de arena y 18% de 22% de cemento en peso, entre 14% y 15% de contenido de humedad (5).

**(ABUJABER F, 2009)** En su investigación indica que el Ministerio de Turismo y Antigüedades de Jordania propone la regeneración de Irbid Centro de la ciudad y revitalización de edificios patrimoniales seleccionados dentro del núcleo urbano de la ciudad. Este estudio tiene como objetivo la incorporación de una red peatonal orientada al turismo dentro del distrito patrimonial del centro de la ciudad de Irbid, que contribuye al bienestar de la comunidad local. Los principios que guían la propuesta se desarrollan a partir de la identificación y revisión de los enfoques necesarios para las soluciones exitosas, así como la investigación del marco de gestión del patrimonio urbano apropiado. La propuesta presenta un plan que satisface los objetivos del proyecto, abordan el conjunto de principios establecidos en un sistema peatonal turístico dentro de un sitio patrimonial conservado (6).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**(SANCA, 2020)** Esta investigación se desarrolló con el único fin de mejorar la capacidad portante del suelo, adicionando agentes estabilizadores como el Cloruro de Sodio y Sistema Consolid para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Se orientó en la comparación de estos dos agentes estabilizadores que serán aplicados a varias muestras con diferentes dosificaciones, para poder analizar y comparar a través de ensayos de laboratorio, cuál de ellos presenta un mejor comportamiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Se utilizó el análisis documental para la evaluación del límite de atterberg, proctor modificado y ensayo de CBR. Finalmente, se comprobó que el suelo mejora al aplicarle Cloruro de Sodio y el Sistema Consolid, aumentando continuamente del CBR (7).

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

**(VELASQUEZ Y OTROS, 2018)** El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería estabilizadas con el sistema CONSOLID (C-444 y SOLIDRY) elaboradas con la tierra cruda de las zonas de Huancaro, distrito de Santiago y Wimpillay, distrito de San Sebastián. Para esto se realizaron ensayos para caracterizar cada suelo, tales como: análisis granulométrico, límites de Atterberg y ensayo de Proctor. Posteriormente, se evaluó la resistencia a la compresión de las unidades y se escogió aquella dosificación que se comportaba de manera más eficiente. Como resultado, se obtuvo que las unidades de albañilería elaboradas aseguran al menos una resistencia a la compresión de 20 kg/cm<sup>2</sup> para ambos suelos (8).

**(CHACON, 2021)** En esta investigación se elaboraron probetas de tierra comprimida, estabilizadas con un aditivo eco amigable llamado sistema CONSOLID (C444 y SOLIDRY). Para realizar esta investigación, se escogió el suelo de la APV Praderas del Inca (distrito de San Sebastián) de la ciudad del Cusco. Se estudiaron las propiedades físico - mecánicas del suelo mediante la elaboración de probetas de tierra estabilizados con diferentes dosificaciones del sistema CONSOLID y diferentes números de golpes de energía. Como resultado se alcanzó una resistencia a la compresión de hasta 13kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que cuadruplica la capacidad portante del suelo limo arenoso, demostrando que el componente sólido SOLIDRY trabaja de manera eficiente junto a los golpes de compactación (9).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Desgaste del Suelo**

La fragilidad del suelo se refiere a la susceptibilidad o riesgo la degradación o erosión de suelos producto de eventuales desequilibrios en la interrelación de impactos ambientales adversos en las variables geomorfológicas, edáficas, climáticas y vegetaciones e hidrológicas a nivel de una cuenca hidrográfica que generen procesos de erosión y sedimentación que superen los umbrales que afecten la productividad del sitio y medioambiente forestal (10).

Los procesos de degradación de los suelos se pueden agrupar según la afectación de sus propiedades en:

- Físicos: erosión, compactación, deslizamiento, remoción y amasado.
- Químicos: alteración del balance nutrientes y formación de materia orgánica, contaminación.
- Hídricos: afectación de la disponibilidad y movimiento del agua en el suelo, fluctuaciones del nivel freático.
- Biológicos: alteración de la vegetación y poblaciones de microorganismos.

Los procesos de degradación se manifestarán según las características intrínsecas de estabilidad y resistencia mecánica del suelo, o bien, de la fragilidad que puede presentar producto de la interacción de factores como la profundidad efectiva del suelo, textura del grupo de suelos al cual pertenece cada situación, el contenido de humedad del suelo al momento de la realización de las actividades de manejo, drenaje interno, la densidad aparente del suelo y la distribución de poros, el contenido de materia orgánica, tipo y estado del material generador, pedregosidad superficial. Por otro lado, existen atributos como la pendiente y disección del terreno, exposición, altitud, longitud de las laderas, contorno topográfico, la intensidad de las precipitaciones y erosividad de las lluvias, que inciden en los procesos de degradación del suelo, configurando un nivel de vulnerabilidad a la degradación (10).

### **2.2.2. Estabilización de Suelos**

La estabilización de suelos, se define como “El mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub-base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub-base o base granular tratada (con cemento, con cal o con asfalto, etc.)”. (Perú, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 107). La estabilización de suelos, consiste en dotar a los mismos de resistencia mecánica que permanezca a lo largo del tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación (1).

Los criterios geotécnicos para establecer la necesidad de estabilizar un suelo son los siguientes:

- “Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable”. (Perú, Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 108)
- “La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria u muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario”. (Perú, Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 108)

Gutiérrez (2010), argumenta que la estabilización de suelos es el procedimiento realizado para hacer más estable a un suelo para lo cual, por lo general, se siguen dos procesos; el primero y el que siempre acompaña a todas las estabilizaciones, consiste en aumentar la densidad de un suelo compactándola mecánicamente. Asimismo, Rico y Del Castillo (1984), defienden este concepto porque sitúan a la compactación dentro del conjunto de métodos de mejoramiento de suelos; y, según Gutiérrez (2010), el segundo proceso consiste en mezclar un material de granulometría gruesa, a otro que carece de esta última característica. La estabilización de suelos, es un concepto más amplio y general que el de compactación de suelos, pues este último, además incluye cualquier procedimiento útil para mejorar las propiedades ingenieriles del suelo, como estructura (1).

La estabilización de suelos, puede ser lograda tanto mecánico o químicamente. Holtz y Kovacs (1981), indican que la estabilización mecánica se logra mediante aporte de material, utilizando equipo mecánico y finalizando con la compactación de las capas granulares. Inglés y Metcalf (1972), afirman que la estabilización química en suelos granulares genera cambios químicos según la carga del agregado mejorando la resistencia, rigidez, cambios volumétricos, permeabilidad y durabilidad de los suelos. Acompañando a este último concepto está Wiltmont (2006), quien concluye en su investigación, que la estabilización tradicional utilizada

con materiales químicos – cementicios (cal y cemento), generan un aumento considerable en el valor de CBR, particularmente en suelos que presentan valores iniciales de CBR por debajo de 8%. Siguiendo las prácticas de estabilización de suelos en el Perú, las metodologías más utilizadas fueron la incorporación de la cal (NLA, 2004) y el cemento (PCA, 2005), como agentes de estabilización físico-química de los suelos, para mejorar las propiedades estructurales de las capas granulares (1).

### **2.2.3. Resistencia a la Compresión Simple**

Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la fractura se puede determinar como una propiedad independiente dentro de un rango bastante estrecho. Sin embargo, la resistencia a la compresión de un material que no se rompe durante la compresión se define como la cantidad de esfuerzo requerido para deformar el material. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima sobre el área transversal de la briqueta de un ensayo durante la prueba de compresión (11).

$$f_c = P_u / A$$

**Donde:**

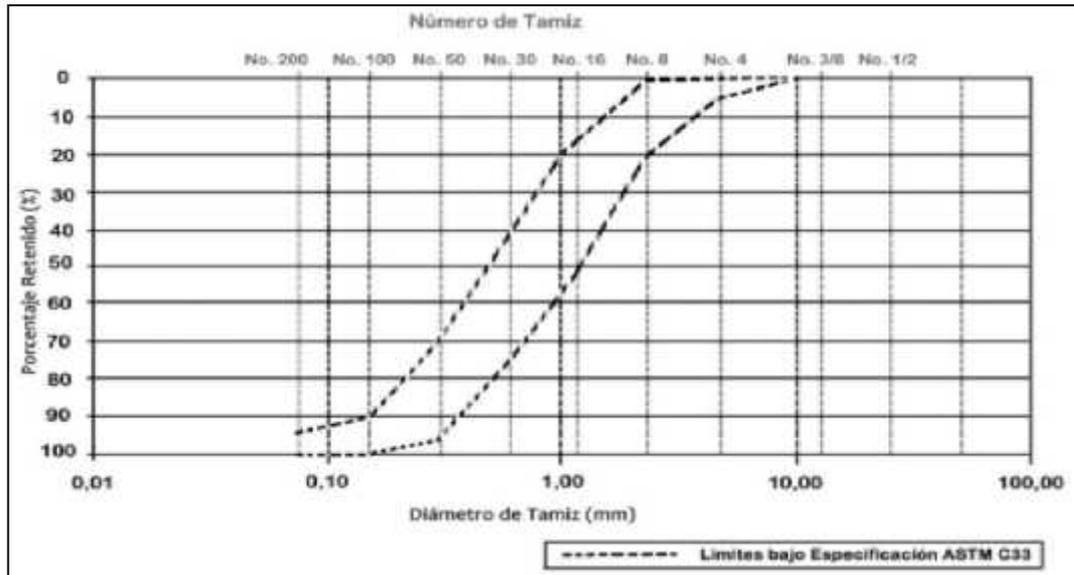
f<sub>c</sub>: Resistencia a la compresión

P<sub>u</sub>: Carga máxima

A: Área transversal de la briqueta

### **2.2.4. Granulometría**

La prueba de granulometría de un material sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que lo forman. Para realizar esta prueba, el material se hace pasar por varios tamices o mallas, se pesan las partículas retenidas en cada tamiz y se encuentra el porcentaje respectivo en relación con el peso seco total; después se calcula el porcentaje que pasa por las mallas.



**Figura 8.** Curva granulométrica

Fuente: **Muciño, Alberto y Santa Ana, Perla. 2018. GRANULOMETRÍA DE LA ARENA.** México, 2018. (12)

### 2.2.5. Compactación de Suelos

La compactación incrementa las características de resistencia de los suelos, aumentando así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos. La compactación disminuye también la cantidad de asentamientos indeseables de las estructuras e incrementa la estabilidad de los taludes de los terraplenes. Los rodillos de ruedas lisas, los rodillos patas de cabra, los rodillos con neumáticos de hule y los rodillos vibratorios son usados generalmente en el campo para la compactación del suelo. Los rodillos vibratorios se usan principalmente para la densificación de los suelos granulares (13).

En general, la compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, ésta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso. El peso específico seco después de la compactación se incrementa primero conforme aumenta el contenido de agua (13).

### 2.2.6. Polímero

La palabra polímero proviene de dos palabras griegas: "poli", que significa muchos, y "meros", que significa parte. La sustancia que constituye la unidad fundamental de un polímero recibe el nombre de "monómero". Las moléculas compuestas de al menos dos unidades monoméricas diferentes se les llama copolímeros. El número de unidades monoméricas contenidos en el polímero recibe el nombre de grado de polimerización. La molécula de un polímero final puede constituirse de miles de unidades que se repiten y cada una se denomina "mero o unidad monomérica". Todas las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, cuyo peso molecular es superior a 10.000 g/mol, reciben el nombre general de sustancias macromoleculares. Los productos macromoleculares orgánicos en cuyas moléculas se repiten con regularidad ciertos principios estructurales genéricos reciben el nombre de altos polímeros. Estos altos polímeros pueden ser, a su vez, naturales, artificiales o semisintéticos y sintéticos. Los altos polímeros artificiales son los obtenidos por transformación química de los altos polímeros naturales, sin que se destruya de modo apreciable su naturaleza macromolecular. Los altos polímeros sintéticos son los que se obtienen por vía puramente sintética a partir de sustancias de bajo peso molecular; por ejemplo, el nylon, poliestireno, estireno, etc. Los altos polímeros sintéticos y semisintéticos reciben generalmente el nombre de plásticos; aun cuando no todos ellos presentan la característica de la plasticidad. A veces se les llama resinas sintéticas por su semejanza, en estructura y propiedades, a las resinas naturales (14).

#### **Tipos de polímeros**

- Según su composición: Homopolímeros (un monómero) y copolímeros (dos o más monómeros) (14).
- Según su estructura: Lineales cuando los monómeros se unen por dos sitios (cabeza y cola) y Ramificados si algún monómero se puede unir por tres o más sitios (14).
- Según su origen: Naturales como el caucho, polisacáridos (celulosa, almidón), proteínas, ácidos nucleicos, entre otros y Artificiales como los plásticos, fibras textiles sintéticas, poliuretano, baquelita, etc. (14).

- Por su comportamiento ante el calor: Termoplásticos: Se reblandecen al calentar y recuperan sus propiedades al enfriar. Se moldean en caliente de forma repetida y Termoestables: Una vez moldeados en caliente, quedan rígidos al ser enfriados por formar nuevos enlaces y no pueden volver a ser moldeados (14).

### **Usos de los polímeros**

Actualmente los polímeros sintéticos tienen infinidad de usos en la industria, por lo que se hacen cada vez más importantes. Por ejemplo, el polietileno que se utiliza para fabricar una botella de plástico. Los polímeros sintéticos también se utilizan para el temple del acero, aluminio y algunos tipos de aceros especiales para usos militares. También han sido formalmente aceptados para usarse en el temple de materiales de la industria aeroespacial. Recientemente, en el área de la ingeniería de la construcción, se han producido los llamados "productos geosintéticos", fabricados mediante polímeros, que son productos geotextiles y geomembranas que tienen cuatro funciones principales: separación, al evitar o minimizar la mezcla de materiales de diferente granulometría; filtración y drenaje, al evitar la migración de partículas de suelo permitiendo el libre flujo de agua y gases; refuerzo, al soportar tensiones, estabilizar la masa del suelo y proteger geomembranas; e impermeabilización, al formar una barrera que impide el paso de fluidos y partículas de suelo (14).

### **Estabilización de suelos con resinas y polímeros**

El uso de estos materiales en la estabilización de suelos ha tenido por objeto principal, formar una estructura impermeable al agua; ciertas resinas sintéticas tales como las del sistema anilina y furfural de naturaleza orgánica aumentan la resistencia mecánica del suelo mejorando su cohesión. En algunos casos, la resistencia al esfuerzo cortante se reduce en tanto que la compactación se mejora en forma notable; es así como a estos materiales se les conoce más como "agentes que mejoran la compactación" que como estabilizantes. Existen un gran número de productos comerciales dentro de esta categoría y su efectividad es muy variable, dependiendo del tipo de suelo y los elementos constituyentes del aditivo (14).

### 2.2.7. Sistema CONSOLID

El Sistema CONSOLID es un estabilizante de suelos cohesivos y semi-cohesivos, ya que éstos suelos tienen la propiedad de volver a petrificarse en tiempos prolongados y a presiones altamente elevadas. El sistema actúa al acelerar estos procedimientos por procesos catalíticos, activando el suelo mediante procesos catalizadores. El Sistema CONSOLID se centra en la aplicación y mezcla con el suelo de dos componentes: el C-444 que es el componente líquido y el SOLIDRY que es el componente en polvo (15).



a) Polímero líquido (C-444)



b) Polímero sólido (Solidry)

**Figura 9.** Sistema Consolid (C-444 y Solidry).

#### **CONSOLID o C-444 (Componente líquido)**

El CONSOLID o C-444 permite la aglomeración irreversible de las partículas finas. Lo que conlleva a una reducción de la superficie activa del suelo. Actúa sobre el agua absorbida, insertándose entre las partículas del suelo y formando complejas estructuras moleculares que actúan mediante procesos catalíticos. De esta forma, reduce la tensión superficial de agua que circunda dichas partículas de suelo, promoviendo una mayor compactación y la atracción electromagnética entre ellas. También, provee una mayor resistencia a la deformación y disminuye la saturación capilar del suelo (15). Para su uso se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Petrifica el suelo, compacta y aporta protección capilar (95%).
- Actúa sobre las partículas finas convirtiéndolas en ligantes naturales.
- Incrementa la capacidad soporte del suelo de manera significativa.
- La aplicación habitual es de 0.04% sobre el suelo tratado, asegurando una distribución homogénea sobre el terreno.

### **SOLIDRY o SD (Componente en polvo)**

El SOLIDRY es un producto complementario del C-444 que refuerza la protección contra el agua, bloquea los capilares y permite que el agua de la superficie no penetre en la capa tratada, de esta manera impermeabiliza el suelo. Está diseñado para ser aplicado a suelos de alta plasticidad, llevando su índice plástico a valores tales que el suelo pueda ser tratado fácilmente. De esta manera, impermeabiliza el suelo disminuyendo su sensibilidad al agua (15). Para su uso se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

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

### **Rangos de dosificación**

Los valores de C-444 que es un líquido soluble en agua y SD (SOLIDRY) es un polvo que aplica en suelo seco respectivamente, a continuación, con los datos que el fabricante estima necesarios, los cuales fueron obtenidos luego de varios ensayos, experimentaciones y análisis (16).

C-444 ----- 0,4 a 0,8 l/m<sup>3</sup>

SOLIDRY ----- 1 a 2% en peso (2 a 4 kg/m<sup>2</sup>)

### **Ventajas del Sistema CONSOLID**

El Sistema CONSOLID demuestra su efectivo poder de mejoramiento de las propiedades de permeabilidad de los finos-arcillosos y de resistencia. Activa las fuerzas cohesivas propias del suelo y reduce la influencia del agua de forma importante y duradera (15). Las ventajas del sistema CONSOLID son:

- Con la finalidad de obtener una densidad mayor en el suelo, el tratamiento actúa como catalizador de la petrificación del suelo.
- El tratamiento reduce la velocidad ascenso capilar y la absorción de la superficie. Actúa sobre las partículas finas transformándolas en ligantes naturales.
- Multiplica la capacidad portante del suelo natural entre 2 y 10 veces más.
- Reduce significativamente la absorción por capilaridad y el hinchamiento libre.

- No reacciona químicamente con el suelo.
- Es reciclable, ya que el suelo tratado y petrificado puede triturarse y volverse a compactar.

### **2.2.8. Patrimonio Cultural**

Cuando hablamos de patrimonio nos referimos a la herencia de bienes materiales e inmateriales que nuestros padres y antepasados nos han dejado a lo largo de la historia. Se trata de bienes que nos ayudan a forjar una identidad como nación y que nos permiten saber quiénes somos y de dónde venimos, logrando así un mejor desarrollo como personas dentro de la sociedad.

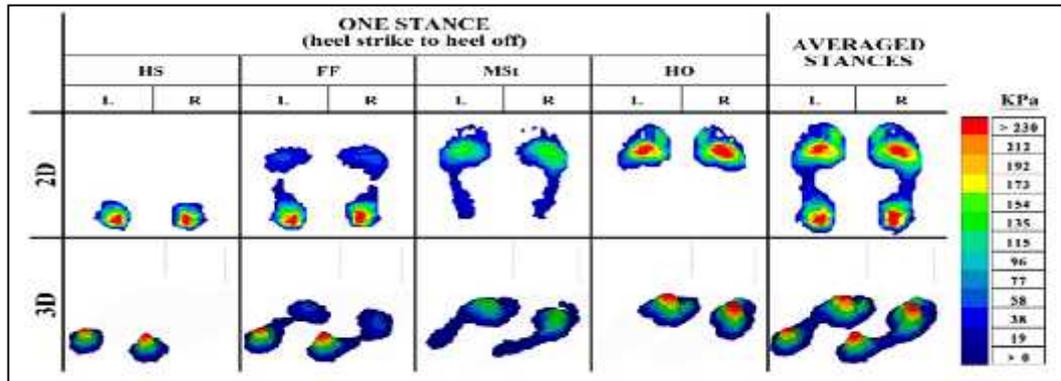
Todas las personas formamos parte de una familia, pero somos, al mismo tiempo, integrantes de una comunidad, de una región, de un país. De la misma manera en que heredamos bienes materiales y tradiciones familiares, recibimos también el legado de la cultura que caracteriza a la sociedad donde crecemos y nos desarrollamos. Estas expresiones distintivas que tenemos en común como la lengua, la religión, las costumbres, los valores, la creatividad, la historia, la danza o la música son manifestaciones culturales que nos permiten identificarnos entre nosotros y sentir que somos parte de una comunidad determinada y no de otra. Esta herencia colectiva es el patrimonio cultural (17).

### **2.2.9. Absorción Capilar**

Durante años la permeabilidad se utilizó como parámetro de caracterización de la circulación del agua. Existen estructuras en las que la permeabilidad resulta ser el parámetro principal para determinar la aptitud que un cuerpo poroso (hormigón) ofrece a ser penetrado por un fluido cuando aquél se encuentra sometido a un diferencial de presión. Las estructuras, como las edificaciones, que no se encuentran sujetas a gradientes de presión, en donde lo que interesa conocer es el transporte de agua que se produce por capilaridad, cuando el contacto con la misma es sólo por una de las caras de la estructura. La propiedad que mejor refleja la capacidad del material para absorber y transmitir agua por capilaridad es la absorción y el parámetro que la caracteriza es la tasa de absorción capilar, velocidad de ascensión capilar o sorptivity. Este parámetro representa el mecanismo de transporte que habitualmente se presenta en aquellas estructuras en las que el hormigón se encuentra sujeto a ciclos de humedecimiento y secado (18).

### 2.2.10. Esfuerzos Provocados por el Peso de una Persona

Los esfuerzos que provoca una persona de pie sobre la superficie que lo sostiene han sido estudiados por Aladin Zayegh el año 2015 en la Victoria University de Melbourne (19).



**Figura 10.** Esfuerzos debidos a la presión de una persona

Fuente: **Braja, Das.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTÉCNICA.* México: CENGAGE Learning, 2015. (13)

### 2.2.11. Polisuelo

Para el caso de la presente tesis se define como Polisuelo a la mezcla de arena (cuarzo), polímero Solidry, arcilla (caolín) y agua en cantidades pre establecidas para mejorar las propiedades del suelo del lugar de estudio, con el objetivo de optimizar la resistencia y prolongar del tiempo de vida útil.

De los diferentes ensayos y análisis realizados se obtuvo como producto el Polisuelo como propuesta de mejora al tratamiento de piso actual en el Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Para definir el factor de resistencia de Polisuelo ( $f' Ps$ ) se aplicó una carga máxima sobre un área determinada.

$$f' Ps = P/A$$

**DONDE:**

**$f' Ps$ :** Factor de resistencia de Polisuelo a la compresión simple

**P:** Carga máxima

**A:** Área transversal del espécimen

### **Propiedades del Polisuelo:**

- **Trabajabilidad:** Es la facilidad que presenta el Polisuelo fresco para ser mezclado, colocado y compactado sin producir segregación, exudación durante este proceso.
- **Resistencia:** Propiedad por la cual el Polisuelo presenta una alta capacidad de aguante frente a una carga en una determinada superficie.
- **Durabilidad:** Capacidad del Polisuelo de resistir a la acción de los agentes externos como: clima, desgaste, humedad y temperatura.
- **Eco amigable:** El Polisuelo no altera los diferentes ecosistemas encontrados en el Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, ya que los componentes son ecológicos porque no contaminan las capas de agua ni suelo.
- **Impermeabilidad:** Propiedad por la cual el Polisuelo al estar expuesto a un clima variado (fresco, cálido y lluvioso) evita el desgaste y prolonga la durabilidad.

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

- **Absorción capilar:** Fenómeno producido cuando un suelo absorbe un líquido.
- **Granulometría:** Operación para determinar el tamaño de los elementos de una muestra.
- **Patrimonio cultural:** Herencia cultural transmitida por generaciones.
- **Polímero:** Sustancia compuesta por monómeros.
- **Polisuelo:** Mezcla de arena, Solidry, arcilla y agua en proporciones determinadas.
- **Resistencia a la compresión simple:** Capacidad que tiene un suelo de soportar una carga.
- **Tratamiento superficial:** Proceso para el mejoramiento de las propiedades del suelo.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y Alcance de la Investigación**

##### **3.1.1. Método de la Investigación**

El método general que se aplicó en la investigación tiene un enfoque cuantitativo. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto y se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos.

Los resultados obtenidos de los ensayos serán analizados y comparados para determinar el efecto del polímero producido en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso. Se extraerán una serie de conclusiones respecto de las hipótesis, de tal manera que se refleje la consistencia de la investigación (20).

##### **3.1.2. Alcance de la Investigación**

El alcance de la presente investigación es explicativo, con un valor explicativo parcial. El enfoque de la investigación es de tipo experimental cuantitativo y está basado en el positivismo. El área de estudio es la ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (20).

### 3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la presente investigación es de tipo experimental. Los diseños experimentales utilizados para la presente investigación fueron:

❖ **Para la Fase 1:** Diseño experimental D-optimizado con un mínimo de 8, lineal sin interacción con un punto central y sin replicas.

Son denominados diseño factorial  $2^k$  a los diseños en los cuales cada uno de los factores cuenta con dos niveles, es decir cuando se realiza un experimento con un número de factores  $k$  en el que cada uno de estos solo puede adoptar dos niveles. Estos niveles podrían ser cuantitativos o cualitativos y una réplica completa de tal diseño requiere realizar  $2^k$  combinaciones. Este diseño describe como realizar los experimentos de la forma más adecuada para conocer simultáneamente qué efecto tienen  $k$  factores sobre una respuesta y descubrir si interactúan entre ellos. Además, estos diseños presentan diferentes ventajas en relación a otros tipos de diseños (21).

- No es necesario un gran número de experimentos por cada uno de los factores a estudiar.
  - Las observaciones producidas por los diseños se pueden interpretar utilizando el criterio de expertos (sentido común), la aritmética elemental y los gráficos por ordenador.
  - Cuando se trata de factores cuantitativos se puede determinar una dirección prometedora para una mayor experimentación.
  - Es posible aumentar los diseños cuando se necesita una exploración más focalizada.
  - Es posible realizarlos de forma secuencial, de forma que una vez realizada una ronda del diseño factorial se puede montar una nueva para realizar una investigación más específica.

En este diseño se realizan todas las combinaciones posibles entre los efectos, para ello se crea la matriz de diseño. En ella se utilizan los signos (-) y (+) para ambos niveles de un factor y se realiza de la siguiente forma: en la primera columna se alternan los signos comenzando por el (-). En la segunda columna se alternan los signos de dos en dos, en la tercera de cuatro en cuatro, en la cuarta de ocho en ocho y así sucesivamente (21). Este diseño experimental de utilizo en la Fase 1 y 2.

En la tabla 2 se muestra el número de ensayos para la Fase 1 según el diseño experimental D-optimizado.

**Tabla 2.** Resumen del diseño experimental Fase 1.

<b>Objetivo:</b>	<b>Importancia de los factores</b>	
Modelo de mezcla de los suelos	Lineal	
<b>Diseño</b>	<b>D-Optimizado</b>	
Número de ensayos	<b>8*</b>	
Número de puntos centrales	1	
Réplicas	0	
N = ensayos totales	9*	
Máxima posibilidad de ensayos	<b>12000</b>	
Limitaciones	No	
<b>Ensayos candidatos</b>		
Vértices extremos	10	
El los puntos de borde	0	
Centroides de las superficies de los factores más grandes	9	
Total, ensayos candidatos	<b>19</b>	
<b>D-optimizado</b>		
Potencial de los términos	Interacción	
Número de inclusiones	0	
Limitaciones	No	
Número de ensayos seleccionado	<b>11</b>	
Estadísticos del diseño	G-eficiencia	93.2%

Se utilizaron dos niveles (máximo y mínimo) por cada factor como se observa en la tabla 3.

**Tabla 3.** Determinación de niveles para la Fase 1.

	<b>Unidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Niveles máximo y mínimo</b>
<b>Tierra</b>	Decimal	Formulación	0 a 0.8
<b>Arcilla</b>	Decimal	Formulación	0.05 a 0.25
<b>Agua</b>	Decimal	Formulación	0.05 a 0.15
<b>Arena</b>	Decimal	Formulación	0 a 0.8

En la tabla 4 se observa la matriz de formulaciones para las dosificaciones de los factores: tierra, arcilla, agua y arena utilizadas en los 11 ensayos de la Fase 1.

**Tabla 4.** *Matriz de formulaciones Fase 1*

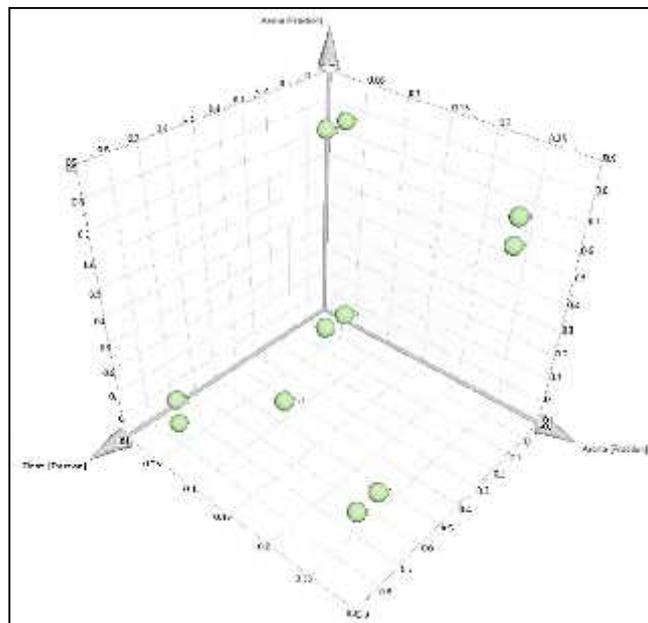
<b>Ensayo N°</b>	<b>Tierra</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena</b>	
1	0.8	0.05	0.15	0	
2	0.8	0.05	0.05	0.1	
3	0.7	0.25	0.05	0	
4	0	0.25	0.05	0.7	Ensayos D- optimizados
5	0	0.05	0.15	0.8	
6	0.6	0.25	0.15	0	
7	0	0.25	0.15	0.6	
8	0.1	0.05	0.05	0.8	
9	0.38	0.15	0.09	0.38	Punto central
10	0.65	0.15	0	0.2	Inclusiones
11	0.47	0.15	0	0.38	

En la tabla 5 se presenta la matriz de diseño utilizada para los factores: tierra, arcilla, agua y arena.

**Tabla 5.** *Matriz de diseño Fase 1*

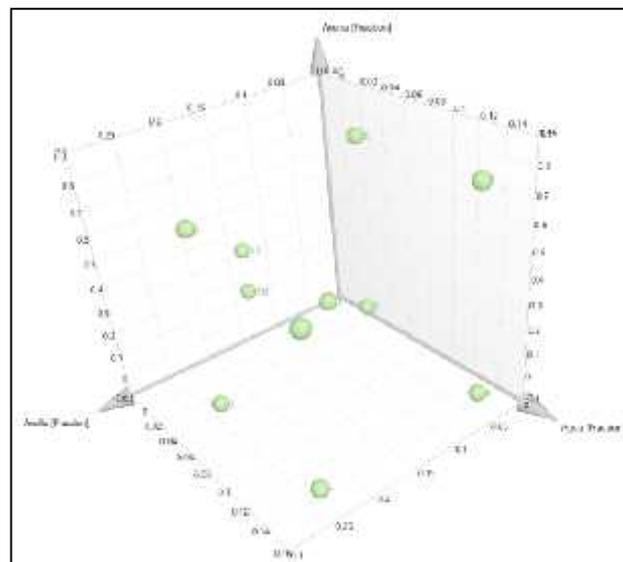
<b>Ensayo N°</b>	<b>Tierra</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena</b>
1	0.889	0	0.111	0
2	0.889	0	0	0.111
3	0.778	0.222	0	0
4	0	0.222	0	0.778
5	0	0	0.111	0.889
6	0.667	0.222	0.111	0
7	0	0.222	0.111	0.667
8	0.111	0	0	0.889
9	0.422	0.111	0.0444	0.422
10	0.722	0.111	-0.0556	0.222
11	0.522	0.111	-0.0556	0.422

En la figura 11 se muestra el gráfico de dispersión para los factores tierra, arcilla y arena.



**Figura 11.** Gráfico de dispersión de los factores tierra, arcilla y arena para los ensayos de la fase 1.

En la figura 12 se muestra el gráfico de dispersión para los factores agua, arcilla y arena.



**Figura 12.** Gráfico de dispersión de los factores agua, arcilla y arena para los ensayos de la fase 1.

❖ **Para la Fase 2:** Diseño experimental D-optimizado con un mínimo de 12, lineal sin interacción con un punto central y sin réplicas.

En la tabla 6 se muestra el número de ensayos para la Fase 2 según el diseño experimental D-optimizado.

**Tabla 6.** Resumen del diseño experimental Fase 2.

<b>Objetivo:</b>	<b>Importancia de los factores</b>	
Modelo de mezcla de los suelos	Lineal	
<b>Diseño</b>	<b>D-Optimizado</b>	
Número de ensayos	<b>12*</b>	
Número de puntos centrales	1	
N = ensayos totales	13*	
Máxima posibilidad de ensayos	<b>12000</b>	
Limitaciones	No	
<b>Ensayos candidatos</b>		
Vértices extremos	4	
El los puntos de borde	4	
Centroides de las superficies de los factores más grandes	1	
Total, ensayos candidatos	<b>9</b>	
<b>D-optimizado</b>		
Potencial de los términos	Interacción	
Número de inclusiones	0	
Número de ensayos seleccionado	<b>11</b>	
Estadísticos del diseño	G-eficiencia	80.7%

Se utilizaron dos niveles (máximo y mínimo) por cada factor como se observa en la tabla 7.

**Tabla 7.** Determinación de niveles para la Fase 2.

	<b>Unidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Niveles máximo y mínimo</b>
<b>Agua</b>	Decimal	Formulación	0.08 a 0.18
<b>Arcilla</b>	Decimal	Formulación	0.1 a 0.32
<b>Arena</b>	Decimal	Formulación	0.6 a 0.82

En la tabla 8 se observa la matriz de formulaciones para las dosificaciones de los factores: agua, arcilla (caolín) y arena utilizadas en los 11 ensayos de la Fase 2.

**Tabla 8.** *Matriz de formulaciones Fase 2.*

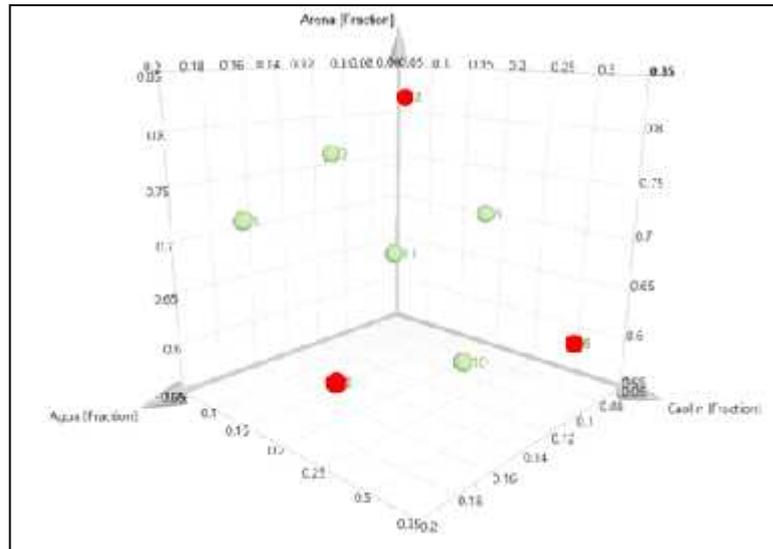
Ensayo N°	Agua	Arcilla	Arena	
1	0.08	0.1	0.82	
2	0.08	0.1	0.82	
3	0.18	0.1	0.72	
4	0.08	0.32	0.6	
5	0.08	0.32	0.6	Ensayos
6	0.18	0.22	0.6	D-optimizados
7	0.18	0.22	0.6	
8	0.08	0.21	0.71	
9	0.13	0.1	0.77	
10	0.13	0.27	0.6	
11	0.13	0.185	0.685	Punto central

En la tabla 9 se presenta la matriz de diseño utilizada para los factores: agua, arcilla (caolín) y arena.

**Tabla 9.** *Matriz de diseño Fase 2.*

Ensayo N°	Agua	Arcilla	Arena
1	0	0	1
2	0	0	1
3	0.455	0	0.545
4	0	1	0
5	0	1	0
6	0.455	0.545	0
7	0.455	0.545	0
8	0	0.5	0.5
9	0.227	0	0.773
10	0.227	0.773	0
11	0.227	0.386	0.386

En la figura 13 se muestra el gráfico de dispersión para los factores agua, arena y arcilla (caolín).



**Figura 13.** Gráfico de dispersión de los factores agua, arena y arcilla para los ensayos de la Fase 2.

❖ **Para la Fase 3:** Diseño de composición central (DCC) cuadrático con distancia de estrella: 1, con una sola réplica.

El diseño de composición central (DCC) es el más utilizado en la etapa de búsqueda de segundo orden debido a su gran flexibilidad: se puede construir a partir de un diseño factorial completo  $2^k$  o fraccionado  $2^k - p$  agregando puntos sobre los ejes y al centro. Según Montgomery (2011) el número total de pruebas experimentales que se realizará en un DCC (21), están dadas por la siguiente ecuación:

$$N = 2^k + 2k + n_0 \quad k < 5$$

**Donde:**

***N***: Número de pruebas experimentales

***k***: Número de factores

***n<sub>0</sub>***: Número de réplicas en el centro del diseño

El número de réplicas al centro y la distancia de los puntos axiales deben escogerse de manera adecuada, dependiendo de las propiedades que se quieren en el DCC (21).

En la tabla 10 se muestra el número de ensayos para la Fase 3 según el diseño experimental D-optimizado.

**Tabla 10.** *Resumen del diseño experimental Fase 3.*

<b>Objetivo</b>	<b>Optimización (MSR)</b>
Modelo	Cuadrático
Diseño	CCO
Ensayos en el diseño	8
Puntos centrales	1
Réplicas	1
Inclusiones	2
N = ensayos realizados	20

Nota. **MSR:** Denominado como Metodología de la Superficie de Respuesta, se define como el conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. Tiene como propósito diseñar un experimento determinando el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos, denominado como Metodología de la Superficie de Respuesta.

Fuente: **Yepes Piqueras, Víctor.** ¿QUÉ ES LA METODOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA? *Universidad Politécnica de Valencia.* España : s.n., 2016. (22)

Se utilizaron dos niveles (máximo y mínimo) por cada factor como se observa en la tabla 11.

**Tabla 11.** *Determinación de niveles para la Fase 3.*

	<b>Unidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Niveles máximo y mínimo</b>
<b>C444</b>	%	Cuantitativa	0 a 0.5
<b>Solidry</b>	%	Cuantitativa	0 a 4

En la tabla 12 se observa la matriz cuantitativa de proporciones de los factores: C444 y Solidry utilizados en los 20 ensayos de la Fase 3.

**Tabla 12.** *Matriz cuantitativa de proporciones Fase 3.*

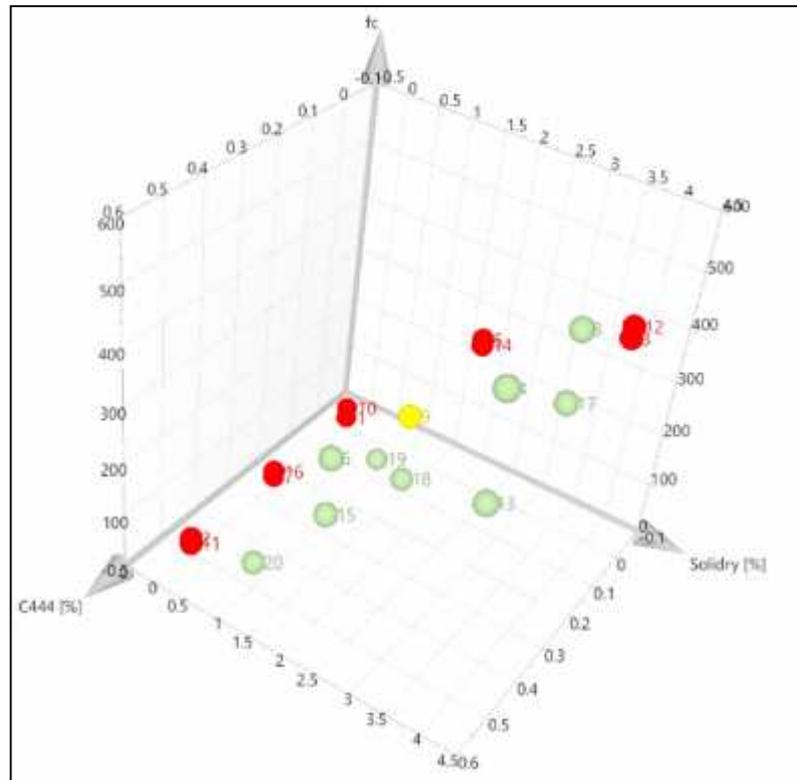
<b>Ensayo N°</b>	<b>C444</b>	<b>Solidry</b>	
1	0	0	
2	0.5	0	
3	0	4	
4	0.5	4	
5	0	2	Ensayos D-optimizados
6	0.5	2	
7	0.25	0	
8	0.25	4	
9	0.25	2	Punto central
10	0	0	
11	0.5	0	
12	0	4	
13	0.5	4	
14	0	2	Ensayos D-optimizados
15	0.5	2	
16	0.25	0	
17	0.25	4	
18	0.25	2	
19	0.1	1	
20	0.5	1	

En la tabla 13 se presenta la matriz de diseño utilizada para los factores: C444 y Solidry.

**Tabla 13.** *Matriz de diseño Fase 3*

<b>Ensayo N°</b>	<b>C444</b>	<b>Solidry</b>
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1	0
6	1	0
7	0	-1
8	0	1
9	0	0
10	-1	-1
11	1	-1
12	-1	1
13	1	1
14	-1	0
15	1	0
16	0	-1
17	0	1
18	0	0
19	-0.6	-0.5
20	1	-0.5

En la figura 14 se muestra el gráfico de dispersión de los factores: C444 y Solidry para los 20 ensayos realizados en la Fase 3.



**Figura 14.** Gráfico de dispersión de los ensayos de la fase 3. Gráfico de dispersión de los factores C444 y Solidry para los ensayos de la Fase 3.

### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1. Población

Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio (20).

La población de la masa total de suelo proviene de distintas canteras cercanas al Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

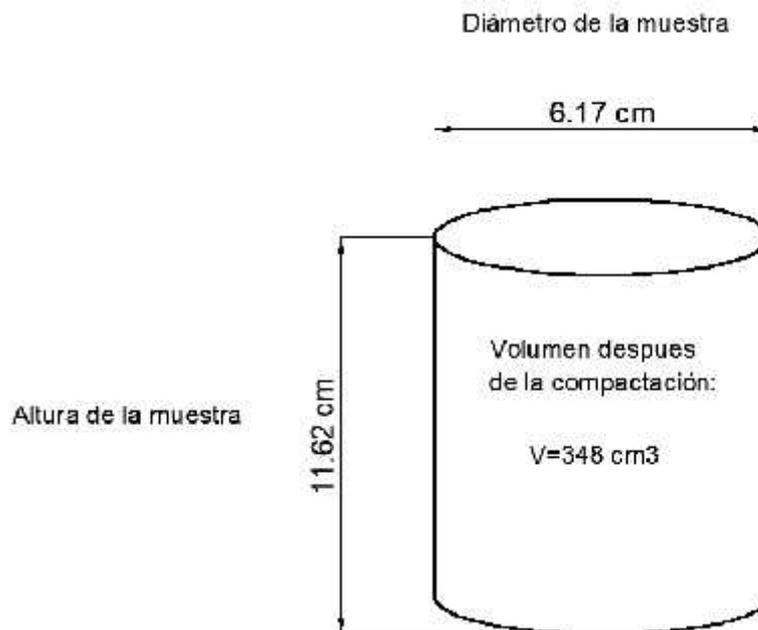
- La arcilla proviene de la cantera de Rumira – Ollantaytambo, posteriormente es trasladada por línea férrea hasta el puente Ruinas Km 111.5 Machupicchu.
- La arena (cuarzo) proviene de las playas del Rio Urubamba, a la altura del puente Ruinas, frente al Museo de Sitio “Manuel Chávez Ballón”

### 3.3.2. Muestra

El método utilizado fue muestreo por conveniencia, debido a que permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador (23).

Se solicitaron las autorizaciones correspondientes para la extracción de la muestra que ha sido tomada por conveniencia, el personal autorizado responsable del mantenimiento del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu entregó aproximadamente 100 kg de material en total de manera directa por tratarse de una zona restringida.

Conforme se detalla más adelante en la metodología de la investigación, se ha determinado que los ensayos sean los suficientes como para establecer un modelo matemático no lineal de diseño de mezcla, elaborando 11 muestras para la fase 1, 12 muestras para la fase 2 y 22 muestras para la fase 3; en total 45 muestras para investigar mejoras en la durabilidad del suelo estabilizado que permitan incrementar aún más la resistencia a la compresión simple.



**Figura 15.** Dimensión de la muestra circular ya compactada.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos**

La principal técnica de recolección y análisis de datos será la observación y análisis documental mediante el registro manual en el cuaderno de campo y registro digital de datos en los formatos diseñados en hojas de cálculo para facilitar las fases posteriores de depuración, tratamiento y corrección de datos. Luego, el análisis de datos pasará a una fase estadística donde se efectuarán los cálculos pertinentes.

La interpretación de la información se hará primero en base a las hipótesis planteadas por la presente investigación las cuales están alineadas a los objetivos. Asimismo, se pretende hacer una discusión de resultados comparándolos con los resultados de otros investigadores.

#### **3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

Se utilizaron fichas para la recolección de datos del análisis granulométrico y los ensayos de resistencia a la compresión simple y absorción capilar que fueron realizados en laboratorio cumpliendo con la Norma Técnica Peruana y norma técnica ASTM, se utilizaron los siguientes formatos:

❖ **Análisis Granulométrico**

**Tabla 14.** Ficha de recolección de datos de granulometría.

CONTENIDO DE HUMEDAD (Ś)		
1	No recipiente	
2	W recipiente	(gr)
3	W recipiente sw	(gr)
4	W recipiente s	(gr)
5	W : 3-4	(gr)
6	W s : 4-2	(gr)
7	Ś : 100*5/6l	(%)

ANALISIS GRANULOMETRICO		
8	W recipiente s (lavado)	(gr)
9	W s (lavado) : 8-2	(gr)
10	W s fino (platillo)	(gr)
11	W Total Parcial Retenido	(gr)
12	UW : 9-11	(gr)
13	W s fino (total) : [6-(11-10)-12]	(gr)
14	% finos : 100*13/6	(%)
15	Error : 100*12/9	(%)

D10	(mm)	
D30	(mm)	
D60	(mm)	
Cu = D60/D10		
Cc = D30 <sup>2</sup> /(D10*D60)		

Tamiz		Peso Parcial Retenido	Peso Parcial Retenido Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que Pasa
-	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
3/8"	09.500					
No 004	04.750					
No 010	02.000					
No 020	00.850					
No 040	00.425					
No 060	00.250					
No 100	00.150					
No 200	00.075					
Platillo						
Total						

❖ **Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple**

**Tabla 15.** Ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple.

Nombre	SOLIDRY (g)	C444 (g)	CAOLIN (g)	AGUA (g)	CUARZO (g)	PESO (g)	Wmolde (g)	Wmolde+SH (g)	Wmuestra_hum (g)	Diam. (mm)	Alt. (mm)	Wmuestra_sec (g)	CARGA (kg)	Rh (g/cm <sup>3</sup> )	Ds (g/cm <sup>3</sup> )	w%	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Veces de resistencia respecto del natural
N1																		
N2																		
N3																		
N4																		
N5																		
N6																		
N7																		
N8																		
N9																		
N10																		
N11																		
N12																		
N13																		
N14																		
N15																		
N16																		
N17																		
N18																		
N19																		
N20																		

❖ **Ensayo de absorción capilar**

**Tabla 16.** *Ficha de recolección de datos de absorción capilar.*

NOMBRE	ARENA (g)	SOLIDRY (g)	SOLIDRY (%)	ARCILLA (g)	AGUA (g)	PESO (g)	Wmolde (g)	Wmold_SH (g)	diam. (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Alt. (mm)	Wseco_especimen (g)	Asce_Cap (mm)	f'c_sumerg	Veces de resistencia respecto del natural
N1															
N2															
N3															

### 3.4.3. Validez de Instrumentos de Investigación

Los expertos designados cuentan con amplia experiencia en geotecnia, estabilización de suelos y conservación del patrimonio cultural, los cuales analizaron y evaluaron las fichas de recolección de datos de la presente investigación mediante un formato que contiene 10 criterios de validación.

**Tabla 17.** *Perfil profesional de los expertos designados.*

N°	Expertos	Perfil profesional	Cargo e institución donde labora
1	Cesar Edilberto Arbulú Jurado	Ingeniero Civil con grado de Maestría en ingeniería civil mención en geotecnia y vías terrestres.	Docente Universidad Andina del Cusco (pregrado). Docente Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (posgrado).
2	Steve Luna Gutiérrez	Ingeniero Civil con grado de Maestría en ingeniería civil mención en gerencia de la construcción.	Supervisor de obra – Municipalidad Provincial del Cusco.
3	Ruth Verónica Ttito Mamani	Ingeniera Geóloga con grado de Maestría en ingeniería civil mención en geotecnia y vías terrestres.	Responsable del monitoreo geológico geodinámico de la Llaqta de Machupicchu – Dirección Desconcentrada De Cultura Cusco.

En la tabla 18 se observa el formato que utilizó el experto 1 para validar la ficha de recolección de datos de granulometría.

**Tabla 18.** *Validación del instrumento granulometría por el experto 1.*

Criterios	Indicadores	D R B			Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

En la tabla 19 se observa el formato que utilizó el experto 2 para validar la ficha de recolección de datos de granulometría.

**Tabla 19.** *Validación del instrumento granulometría por el experto 2.*

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

En la tabla 20 se observa el formato que utilizó el experto 3 para validar la ficha de recolección de datos de granulometría.

**Tabla 20.** *Validación del instrumento granulometría por el experto 3.*

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.	X			NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	NINGUNA
<b>TOTAL</b>				<b>2</b>	<b>8</b>

El instrumento de investigación contiene 10 ítems, el coeficiente de validez de contenido es de 0.98 por lo que es fuerte, debido a que el coeficiente de Aiken promedio se encuentra en el intervalo de 0.90 a 1,00. Por lo tanto, indica que los tres expertos están totalmente de acuerdo como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21.** Resumen de la evaluación del instrumento granulométría.

ITEMS	EXPERTOS			SUMA DE ACUERDOS	V AIKEN	DESCRIPCIÓN
	1	2	3			
1	3	3	3	9		Fuerte
2	3	3	3	9		Fuerte
3	3	3	2	8	0.89	Aceptable
4	3	3	3	9		Fuerte
5	3	3	3	9		Fuerte
6	3	3	3	9		Fuerte
7	3	3	3	9		Fuerte
8	3	3	3	9		Fuerte
9	3	3	2	8	0.89	Aceptable
10	3	3	3	9		Fuerte
				Media	<b>0.98</b>	Fuerte

En la tabla 22 se observa el formato que utilizó el experto 1 para validar la ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple.

**Tabla 22.** Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 1.

Criterios	Indicadores	D R B			Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
				<b>TOTAL</b>	<b>10</b>

En la tabla 23 se observa el formato que utilizó el experto 2 para validar la ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple.

**Tabla 23.** Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 2.

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

En la tabla 24 se observa el formato que utilizó el experto 3 para validar la ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple.

**Tabla 24.** Validación del instrumento resistencia a la compresión simple por el experto 3.

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.	X			NINGUNA
<b>TOTAL</b>				<b>2</b>	<b>8</b>

El instrumento de investigación contiene 10 ítems, el coeficiente de validez de contenido es de 0.98 por lo que es fuerte, debido a que el coeficiente de Aiken promedio se encuentra en el intervalo de 0.90 a 1,00. Por lo tanto, indica que los tres expertos están de acuerdo como se observa en la tabla 25.

**Tabla 25.** Resumen de la evaluación del instrumento resistencia a la comprensión simple.

ITEMS	EXPERTOS			SUMA DE ACUERDOS	V AIKEN	DESCRIPCIÓN
	1	2	3			
1	3	3	3	9	1	Fuerte
2	3	3	3	9	1	Fuerte
3	3	3	2	8	0.89	Aceptable
4	3	3	3	9	1	Fuerte
5	3	3	3	9	1	Fuerte
6	3	3	3	9	1	Fuerte
7	3	3	3	9	1	Fuerte
8	3	3	3	9	1	Fuerte
9	3	3	3	9	1	Fuerte
10	3	3	2	8	0.89	Aceptable
			Media		0.98	Fuerte

En la tabla 26 se observa el formato que utilizó el experto 1 para validar la ficha de recolección de datos de absorción capilar.

**Tabla 26.** Validación del instrumento absorción capilar por el experto 1.

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
	<b>TOTAL</b>			<b>10</b>	

En la tabla 27 se observa el formato que utilizó el experto 2 para validar la ficha de recolección de datos de absorción capilar.

**Tabla 27.** *Validación del instrumento absorción capilar por el experto 2.*

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

En la tabla 28 se observa el formato que utilizó el experto 3 para validar la ficha de recolección de datos de granulometría.

**Tabla 28.** *Validación del instrumento granulometría por el experto 3.*

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.	X			NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	NINGUNA
<b>TOTAL</b>				<b>2</b>	<b>8</b>

El instrumento de investigación contiene 10 ítems, el coeficiente de validez de contenido es de 1.00 por lo que es fuerte, debido a que el coeficiente de Aiken promedio se encuentra en el intervalo de 0.90 a 1,00. Por lo tanto, indica que los tres expertos están totalmente de acuerdo como se observa en la tabla 29.

**Tabla 29.** *Resumen de la evaluación del instrumento absorción capilar.*

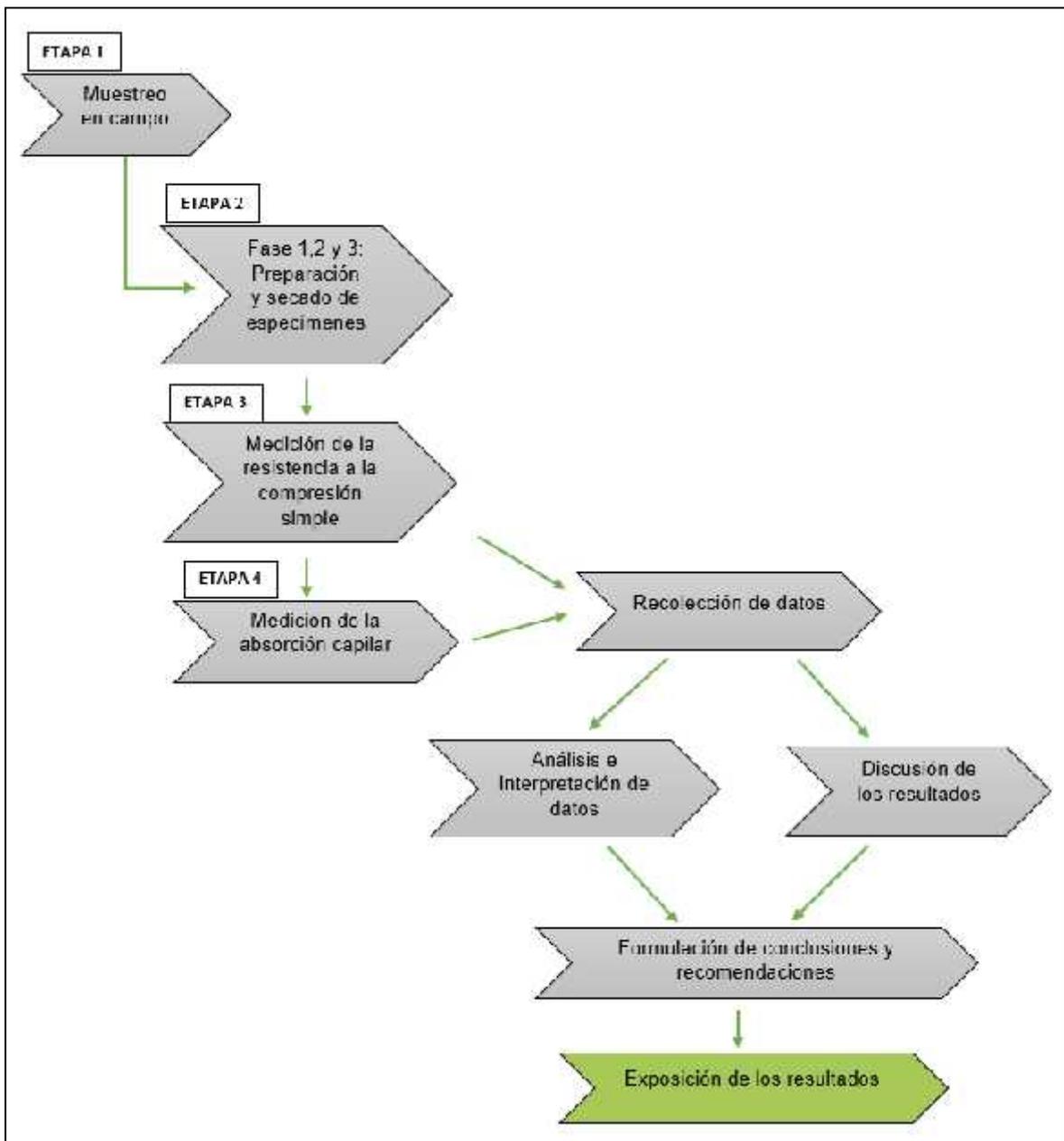
ITEMS	EXPERTOS			SUMA DE ACUERDOS	V AIKEN	DESCRIPCION
	1	2	3			
1	3	3	3	9	1	Fuerte
2	3	3	3	9	1	Fuerte
3	3	3	3	9	1	Fuerte
4	3	3	3	9	1	Fuerte
5	3	3	3	9	1	Fuerte
6	3	3	3	9	1	Fuerte
7	3	3	3	9	1	Fuerte
8	3	3	3	9	1	Fuerte
9	3	3	3	9	1	Fuerte
10	3	3	3	9	1	Fuerte
Media					1.00	Fuerte

### 3.4.3. Procedimientos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizará la recopilación bibliográfica a través de fichas bibliográficas digitales, que permitirán el correcto citado de las fuentes.

En el caso del trabajo de laboratorio se hará uso de técnicas mixtas de recolección de información entre manuales y digitales.

Después de la recolección de los datos se analizarán los resultados para poder afirmar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación.



**Figura 16.** Diagrama de flujo de la investigación.

### 3.4.3.1. Etapa 1: Muestreo en Campo

En esta etapa las muestras de los materiales arena, tierra y arcilla fueron entregadas directamente en el Puente Ruinas Km 111.5 - Machupicchu por los responsables de mantenimiento del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Para transportar las muestras se utilizaron baldes de 20lt embolsados en el interior. Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio ubicado en la ciudad de Cusco donde se realizaron los ensayos correspondientes.



**Figura 17.** *Envase de recolección de muestra.*



a) Muestra de arena

b) Muestra de arcilla

c) Muestra de tierra

**Figura 18.** *Muestras de los materiales arena, arcilla y tierra.*

### 3.4.3.2. Etapa 2: Preparación y Secado de Especímenes

#### ❖ **Análisis Granulométrico**

##### **Concepto**

El análisis granulométrico es un procedimiento mediante el cual se separan la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de la malla seleccionada de diferente enumeración estandarizada, con el propósito de determinar la distribución por tamaño de los elementos que están compuestos en la muestra.

##### **Referencias Normativas**

ASTM D 421: Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle – Size Analysis and Determination of Soil Constants.

##### **Equipos**

- Balanza digital calibrada con capacidad de medición desde 0,1 g.
- Martillo de goma, adecuado para desmenuzar los terrones de suelo.
- Horno de secado
- Tamices, que cumplan con la NTP 350.001. Los siguientes son requeridos:
  - Tamiz 2,000 mm (Nº 10)
  - Tamiz 0,850 mm (Nº 20)
  - Tamiz 0,425 mm (Nº 40)
  - Tamiz 0,250 mm (Nº 60)
  - Tamiz 0,150 mm (Nº 100)
  - Tamiz 0,075 mm (Nº 200)
  - Plátallo

**Procedimiento:**

1. Se colocó en una bandeja una porción de muestra de suelo que se extrajo en campo para someterla al secado en horno a una temperatura  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta que el peso sea constante lo cual suele suceder entre 16 y 24 horas de acuerdo a la Normativa ASTM D-2166 y ASTM D-2216. Los terrones de suelo que quedaron adheridos entre si se desmenuzaron utilizando un martillo de goma.



- a) Muestra seca desmenuzada    b) Secado de la muestra en horno sin terrones.

**Figura 19.** *Secado de la muestra en horno.*

2. Se procedió a pesar la muestra de suelo seca utilizando una balanza digital calibrada.



**Figura 20.** *Pesado de la muestra de suelo seca.*

3. Se colocaron los tamices uno encima de otro, luego se traspasó la muestra por el tamiz N° 10 (2,00 mm), se colocó la tapa encima y se procedió a zarandear manualmente durante 1 min. para cada tamiz, se pesa la porción retenida y se anota.



a) Vertido de la muestra sobre el tamiz.



b) Colocado de la tapa para proceder al tamizado manual energético.



c) Porcentaje retenido en el tamiz N°10



d) Pesado del porcentaje retenido del tamiz N°10

**Figura 21.** *Proceso de zarandeo y pesado.*

- Este procedimiento se repitió de la misma forma para los tamices: N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200, obteniendo los pesos del material retenido en cada uno de los tamices.



**Figura 22.** Material retenido en cada tamiz.

Finalmente, con los datos obtenidos se proceden a realizar el trabajo de gabinete para conseguir los parámetros estadísticos y la curva granulométrica, para su interpretación.

## ❖ Ensayo Proctor Modificado

### Concepto

Este ensayo de compactación se utiliza para determinar el contenido de humedad óptimo de un suelo, el objetivo es hallar la relación entre el contenido de agua y el máximo peso seco unitario para establecer la densidad máxima de un suelo compactado.

Para realizar este ensayo se utilizó un molde metálico con un diámetro de 60 mm con un volumen de 348 cm<sup>3</sup> y un peso de 1744 kg. El peso del pisón es de 4.54 kg el cual se dejará caer desde una altura de 457.2 mm, dando lugar a una energía de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup>. Se dispondrán 5 capas, dando a cada una de ellas 2 golpes, siendo un total de 10 golpes.

Se repitió el ensayo varias veces, para distintas dosificaciones, con el objetivo de poder representar la curva de compactación a partir de varios valores.

## **Referencias Normativas**

NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu.

## **Equipos**

- Molde metálico con un diámetro de 60 mm
- Pisón manual
- Balanza calibrada con capacidad de medición desde 0,1 g.
- Extractor de muestras
- Horno de secado

## **Materiales**

- Recipientes para preparar mezcla
- Regla
- Probeta de vidrio
- Cuchara de plástico
- Espátula metálica
- Bolsas de plástico
- Ligas
- Cepillo de limpieza
- Frasco gotero de plástico
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Cinta adhesiva metálica

### Fase 1:

La dosificación de los componentes de la mezcla: tierra, arcilla, agua y arena para los ensayos de esta primera fase, se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 30.** *Dosificación de los ensayos para la primera fase.*

Código de la muestra	Tierra	Arcilla	Agua	Arena
N1	960	60	180	0
N2	960	60	60	120
N3	840	300	60	0
N4	0	300	60	840
N5	0	60	180	960
N6	720	300	180	0
N7	0	300	180	720
N8	120	60	60	960
N9	456	180	108	456
N10	780	180	240	0
N11	564	180	456	0

### Procedimiento:

1. De acuerdo a los procedimientos de intervención y mantenimiento referidos en el Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu se tomó como referencia el método manual tradicional de elaboración de mortero utilizado actualmente por los trabajadores encargados del mantenimiento. Siguiendo el mismo método se prepararon 11 muestras en laboratorio.



a) Mezclado de los materiales según dosificación



b) Muestras en reposo

**Figura 23.** *Preparación de las 11 muestras.*

2. Se tomó la primera muestra, luego se ensambló el molde para llenar con la muestra en 5 capas utilizando un pisón manual para compactar con 2 golpes en cada capa.



a) Llenado de la primera capa      b) Compactación con pisón

**Figura 24.** *Proceso de compactación.*

3. Una vez compactado, se retira el collarín para enrazar la muestra con la regla metálica. Luego se retiran los residuos adheridos al molde con un cepillo de limpieza para proceder al pesado y registro de datos.



a) Retirado del collarin      b) Enrazado y limpieza del molde      c) Pesado de la muestra

**Figura 25.** *Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.*

4. Se pesa la capsula metálica, luego se coloca una pequeña cantidad de muestra dentro. Se vuelve a pesar y se registran los datos, luego se lleva al horno por 24 horas para el secado; siguiendo la Normativa ASTM D-2166 y ASTM D-2216.



a) Pesado de la cápsula



b) Colocado de la muestra en la cápsula



c) Pesado de la Cápsula con muestra húmeda



d) Secado de la muestra

**Figura 26.** *Pesado de la muestra húmeda para ser llevado al horno.*

5. Una vez que la muestra esta seca se retira la cápsula del horno, se pesa y se registra los datos. Se realizó el mismo procedimiento para las 11 muestras con distintas dosificaciones.



**Figura 27.** *Pesado y registro de datos*

Con los datos registrados de los 11 ensayos realizados, se obtuvieron los valores del contenido de humedad optimo y densidad máxima seca para ser utilizados en la siguiente fase.

## Fase 2:

Se plantea la fase 2 en vista que, los resultados de los ensayos en fase 1 nos demuestran que la mezcla utilizada actualmente en el Parque Arqueológico Nacional Machupicchu no presenta resistencia a la compresión simple, dado que al desmoldar el espécimen se desmorono como se muestra en la figura 28; por lo que no se pudo realizar el ensayo de resistencia a la compresión simple. Bajo esta circunstancia se reemplazó la arcilla y la tierra por arcilla (caolín), debido a que este material es una de las arcillas más puras y tiene una granulometría uniforme, por lo que mejorará la capacidad de resistencia de la mezcla.



**Figura 28.** *Desmoldado del espécimen de la mezcla utilizada actualmente para el tratamiento de pisos*

La dosificación de los componentes de la mezcla: arena, arcilla (caolín) y agua para las 12 muestras, es como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 31.** *Dosificación de los ensayos para la segunda fase.*

Código de la muestra	Arena	Caolín	Agua
N1	738	90	72
N2	738	90	72
N3	648	90	162
N4	540	288	72
N5	540	288	72
N6	540	198	162
N7	540	198	162
N8	639	189	72
N9	693	90	117
N10	540	243	117
N11	616.5	166.5	117
N12	820	100	92 (AC)

**Procedimiento:**

1. Para la preparación de los especímenes, se tomó como referencia el método manual tradicional de elaboración de mortero utilizado actualmente de acuerdo a los procedimientos de intervención y mantenimiento referidos en el Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu. Se procedió a tarar el recipiente en una balanza digital calibrada, luego se colocó la cantidad de arena indicada en la tabla, se volvió a tarar el recipiente para colocar la cantidad determinada de caolín, se volvió a tarar para verter la mitad de la cantidad de agua requerida con un frasco gotero y se procedió a mezclar durante 20 segundos con ayuda de una cuchara de plástico, finalmente se vertió la otra mitad de agua y se mezcló por 20 segundos hasta obtener una mezcla homogénea.



a) Colocado de cuarzo      b) Colocado de caolin      c) Adición de agua

**Figura 29.** Preparación de la muestra



d) Colocado de cuarzo      e) Mezcla con la mitad de la cantidad de agua.      f) Mezcla con la cantidad total de agua

**Figura 30.** Procedimiento de mezclado de la muestra.

2. Se ensambla el molde para llenar con la muestra en 5 capas utilizando un pisón manual para compactar con 2 golpes en cada capa.



a) Llenado de la primera capa



b) Compactación con pisón

**Figura 31.** *Llenado del molde y compactación.*

3. Una vez compactado, se retira el collarín para enrazar la muestra con la regla metálica, luego se extraen los residuos adheridos al molde con un cepillo de limpieza para proceder al pesado del molde y registro de datos.



a) Retirado del collarin



b) Enraizado de la muestra



c) Limpieza del molde



d) Pesado de la muestra

**Figura 32.** *Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.*

4. Se aflojan los tornillos y se quita la base metálica, con mucho cuidado se coloca el molde sobre el embolo en la máquina de extracción ubicando el molde en el centro. Se procede a desmoldar moviendo verticalmente con la gata hidráulica, luego se etiqueta la muestra y se lleva al horno por 24 horas siguiendo la Normativa ASTM D-2166 y ASTM D-2216.



a) Colocacion del molde en la maquina de extraccion



b) Desmoldado de los especimenes



c) Secado de la muestra

**Figura 33.** *Desmoldado y secado de la muestra.*

5. Una vez que la muestra esta seca se retira del horno, se pesa en la balanza digital y se registra los datos. Se realizó el mismo procedimiento para las 12 muestras con las diferentes dosificaciones indicadas en la tabla 6.

La muestra N°12 se reservó para el ensayo de absorción capilar.



a) Pesado del espécimen



b) Especímenes con diferentes dosificaciones

**Figura 34.** *Pesado y registro de datos.*

### Fase 3:

Esta fase se realiza luego de obtener un diseño de mezcla óptima en la fase 2 que en combinación con el polímero en sus dos presentaciones: SOLIDRY (polvo) y C-444 (líquido) mejorara las propiedades de resistencia de la mezcla. La dosificación de los componentes de la mezcla: arena, SOLIDRY, C-444, arcilla (caolín) y agua; que de aquí en adelante se denominará POLISUELO, para las 20 muestras es como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 32.** *Dosificación de los ensayos para la tercera fase.*

Código de la muestra	Arena (g)	Solidry (g)	C444 (g)	Caolín (g)	Agua (g)
N1	820	0	0	100	92
N2	820	0	4.6	100	92
N3	820	36.8	0	100	92
N4	820	36.8	4.6	100	92
N5	820	18.4	0	100	92
N6	820	18.4	4.6	100	92
N7	820	0	2.3	100	92
N8	820	36.8	2.3	100	92
N9	820	18.4	2.3	100	92
N10	820	0	0	100	92
N11	820	0	4.6	100	92
N12	820	36.8	0	100	92
N13	820	36.8	4.6	100	92
N14	820	18.4	0	100	92
N15	820	18.4	4.6	100	92
N16	820	0	2.3	100	92
N17	820	36.8	2.3	100	92
N18	820	18.4	2.3	100	92
N19	820	9.2	0.9	100	92
N20	820	9.2	4.6	100	92
N21	820	18.4	0	100	92 (AC)
N22	820	36.8	0	100	92 (AC)

**Procedimiento:**

1. Se procedió a tarar el recipiente de la muestra en una balanza digital calibrada y se agregaron las cantidades determinadas de los materiales secos: arena, arcilla (caolín) y Solidry en el recipiente, luego se mezclaron durante 30 segundos.



a) Colocado de arena    b) Colocado de caolin    c) Colocado de Solidry

**Figura 35.** *Procedimiento de mezclado de materiales sólidos.*

2. En una probeta de vidrio se mezclaron las cantidades específicas de materiales líquidos: C-444 y agua. Se agita la mezcla para homogenizar durante 30 segundos.



a) Vertido de C-444    b) Agitado    c) Mezcla homogénea

**Figura 36.** *Procedimiento de mezclado de materiales líquidos.*

3. Se vertió la mitad del contenido de la probeta sobre el recipiente que contenía la mezcla de materiales secos y se procedió a mezclar durante 20 segundos. Luego se vertió la otra mitad sobre el recipiente y se mezcló por 20 segundos más hasta obtener una mezcla homogénea.



a) Vertido de materiales líquidos



b) Mezcla con la mitad del contenido de la probeta



c) Obtención de la mezcla homogénea

**Figura 37.** *Obtención de la mezcla homogénea.*

4. Se repitieron los procedimientos 2,3,4 y 5 de la Fase 2 para las 22 muestras según las dosificaciones detalladas en la tabla 7.

Las muestras N21 Y N22 se reservaron para el ensayo de absorción capilar.



a) Llenado de la primera capa



b) Compactación con pisón

**Figura 38.** *Llenado del molde y compactación.*



a) Enrazado de la muestra      b) Limpieza del molde      c) Pesado de la muestra

**Figura 39.** Enrazado, limpieza y pesado de la muestra.



a) Desmoldado

b) Secado de especímenes.

**Figura 40.** Desmoldado y secado de especímenes.

### 3.4.3.3. Etapa 3: Medición de la Resistencia a la Compresión Simple

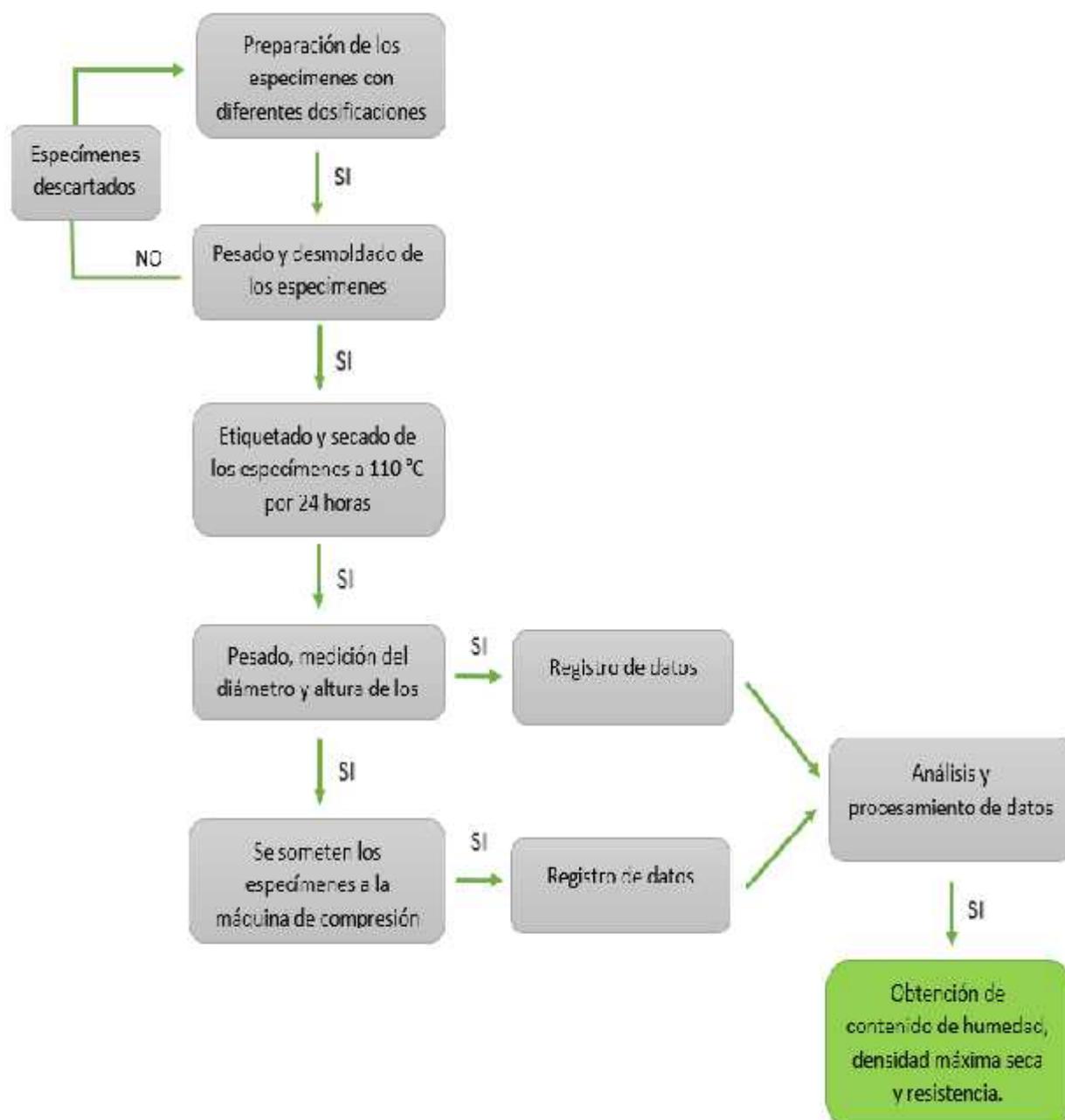


Figura 41. Flujograma del ensayo resistencia a la compresión simple.

## ❖ **Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple**

### **Concepto**

El ensayo de resistencia a la compresión simple permite conocer el comportamiento del Polisuelo sometido a un esfuerzo sobre un área determinada, con el objetivo de hallar la capacidad máxima de resistencia de un suelo que fue tratado con diferentes dosificaciones de polímero.

### **Referencias Normativas**

ASTM D 1074: "Standard Test Method for Compressive Strength of Bituminous Mixtures"

### **Equipos**

- Máquina de compresión simple marca ARSOU GROUP
- Émbolos de goma
- Balanza digital calibrada con capacidad de medición desde 0,1 g.
- Calibrador Vernier

### **Materiales**

- 20 especímenes de Polisuelo
- Cepillo de limpieza
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Cinta adhesiva metálica

**Procedimiento:**

1. Se realizó el pesado, medición del diámetro y altura del espécimen de Polisuelo para luego ser registrados en la hoja de datos. De esta misma forma se repitió el procedimiento para los 20 especímenes de Polisuelo.



a) Pesado del espécimen



b) Medición del diámetro



c) Medición de la altura

**Figura 42.** *Pesado, medición del diámetro y altura del espécimen de Polisuelo.*

2. Se sometieron cada una de los especímenes a la máquina de compresión simple para determinar la carga y se registraron los resultados.



a) Especimen de Polisuelo sometido a compresión simple



b) Falla del espécimen de Polisuelo luego de aplicar la carga

**Figura 43.** *Especimen sometido a compresión simple.*

### 3.4.3.4. Etapa 4: Medición de la Absorción Capilar

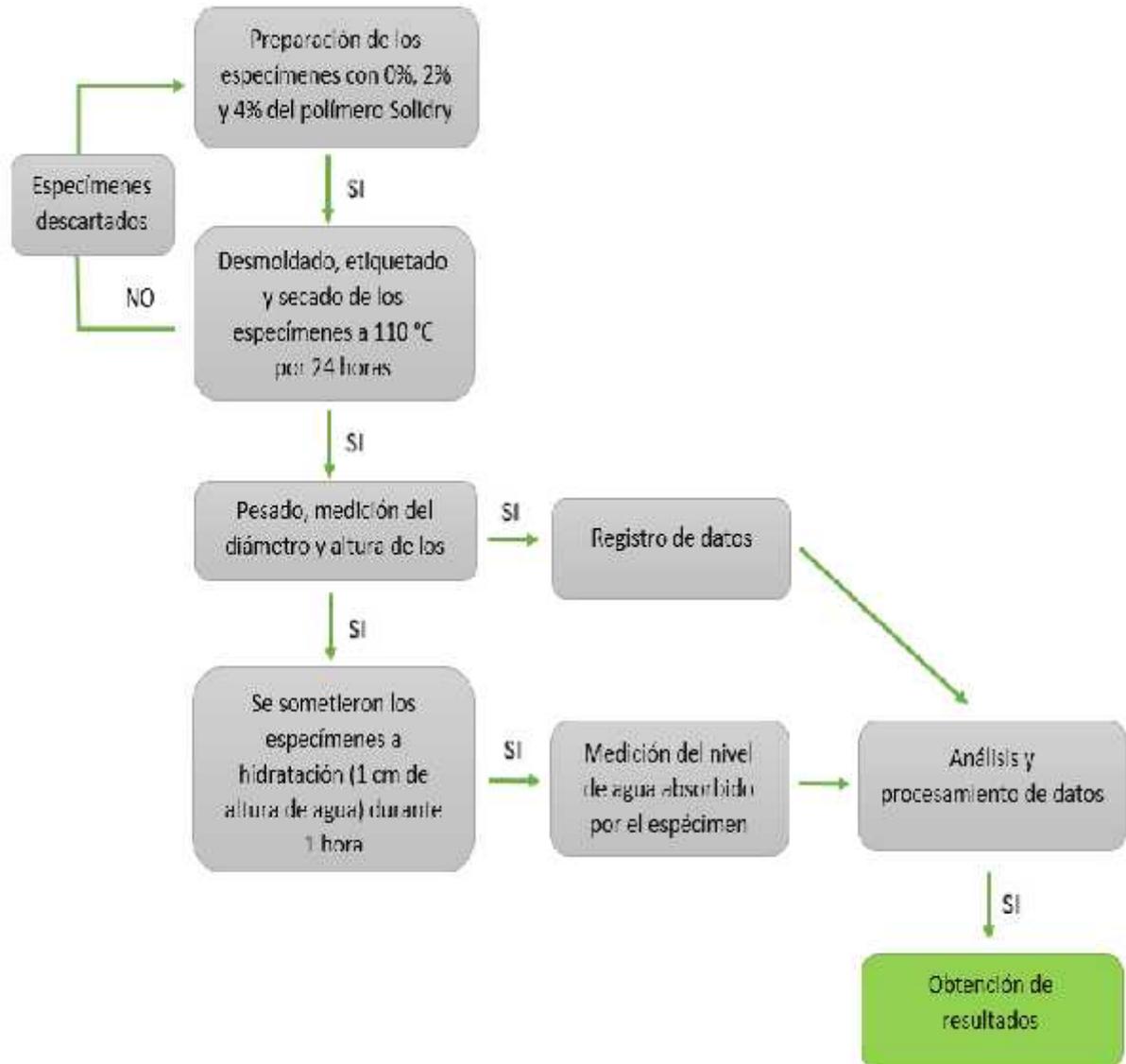


Figura 44. Flujograma del ensayo absorción capilar.

## ❖ **Ensayo Absorción Capilar Adaptado de la Norma Peruana de Ladrillos.**

### **Concepto**

Es la determinación de la capacidad que tiene el Polisuelo de disminuir la absorción capilar para evitar la pérdida de la resistencia y posterior desgaste.

El objetivo es comprobar el grado de permeabilidad del Polisuelo sometiéndolo a humedad durante un periodo de tiempo de 1 hora.

### **Referencias Normativas**

NTP 331.017: Ladrillos de arcilla usados en albañilería.

### **Equipos**

- Balanza digital calibrada con capacidad de medición desde 0,1 g.
- Calibrador Vernier

### **Materiales**

- 2 especímenes de Polisuelo
- 1 espécimen sin polímero
- Cepillo de limpieza
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Cinta adhesiva metálica
- Bandeja de vidrio
- Recipiente de fondo alto

**Procedimiento:**

1. Se realizó el pesado, medición del diámetro y altura de 2 especímenes de Polisuelo y 1 espécimen sin polímero para luego ser registrados en la hoja de datos.



**Figura 45.** *Pesado, medición del diámetro y altura del espécimen de Polisuelo.*

2. Los 3 especímenes se sometieron a hidratación sobre una bandeja con 1cm de altura de agua durante 1 hora. Una vez concluido el tiempo, se procedió a la medición del nivel de agua absorbido por el espécimen y registro de datos.



**Figura 46.** *Especímenes sometidos a hidratación durante 1 hora.*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información

##### 4.1.1. Resultado del análisis Granulométrico

En la figura 47 se muestra la caracterización del material obteniendo la curva granulométría, se determinó mediante clasificación SUCS que el material es arena media (SW).

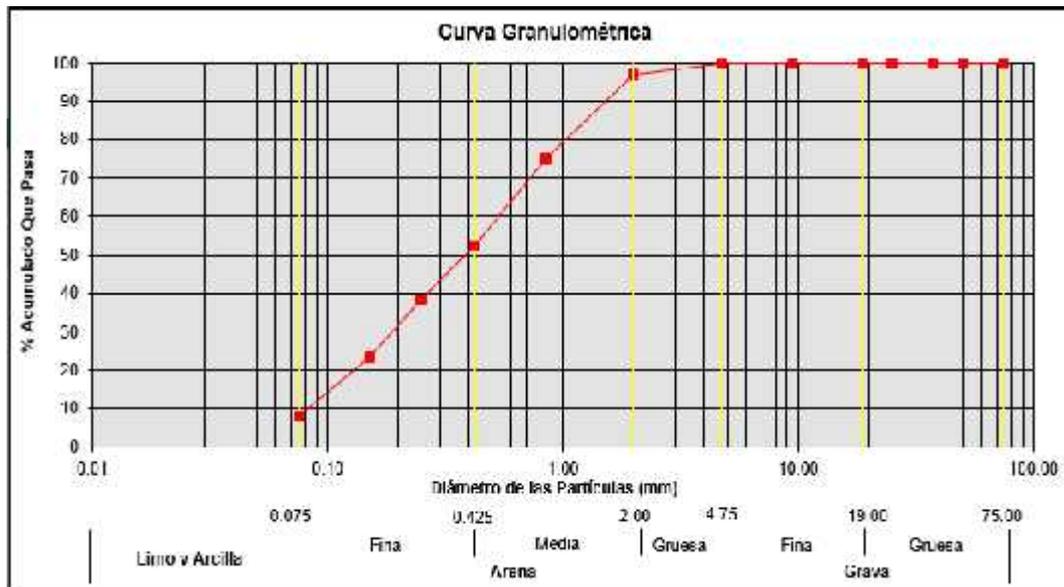


Figura 47. Curva granulométrica del material extraído.

#### 4.1.2. Resultado del Contenido de Humedad de Compactación - Fase 1

El modelo matemático que resulta de los ensayos explica el 67% del cambio en la variable contenido de humedad.

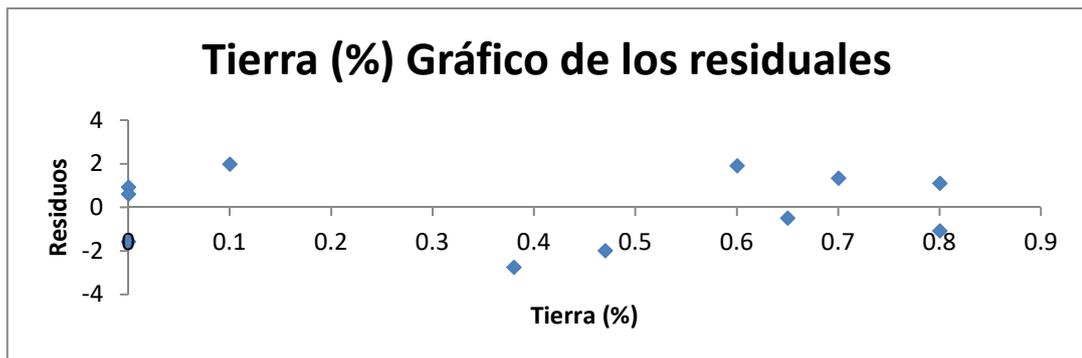
**Tabla 33.** Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la Regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.82
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	67%
R <sup>2</sup> ajustado	0.38
Error típico	1.97
Observaciones	11

Nota. R<sup>2</sup>: Es una medida estadística que determina la cercanía de los datos obtenidos a la línea de regresión ajustada, denominado como Coeficiente de Determinación.

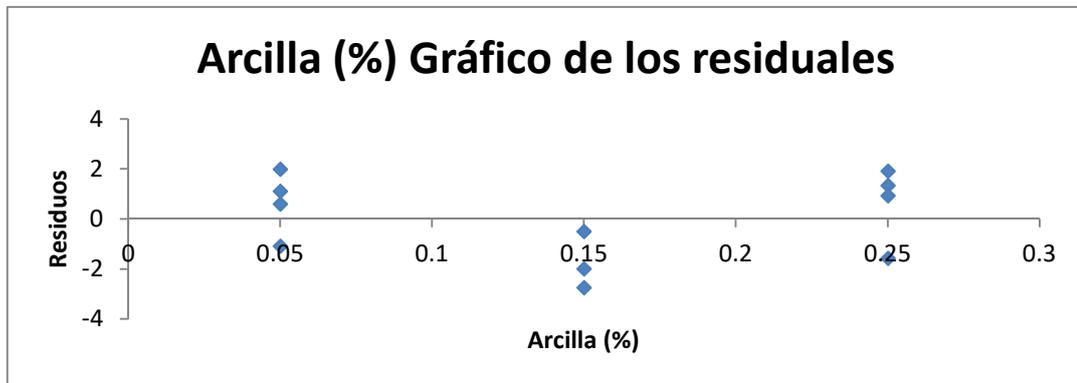
En la tabla 33 se aprecia que el coeficiente de correlación múltiples del contenido de humedad de la fase 1 es fuerte y positivo y asciende a 0.82, mientras que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> asciende al 67%. Asimismo, se ha calculado un error típico de 1.97

En la figura 48 se observa que los residuos del material tierra no presentan valores atípicos lejanos.



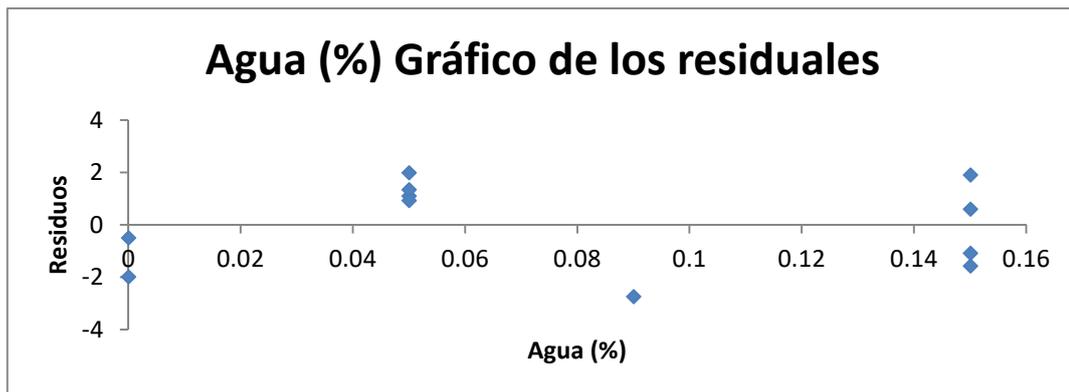
**Figura 48.** Gráfico de los residuales de Tierra.

En la figura 49 se observa que los residuos del material arcilla no presentan valores atípicos lejanos.



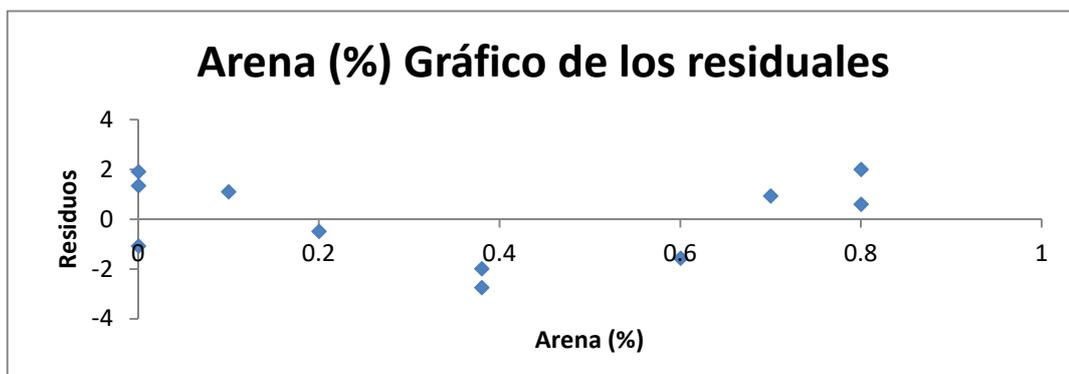
**Figura 49.** Gráfico de los residuales de arcilla.

En la figura 50 se observa que los residuos del material agua no presentan valores atípicos lejanos.



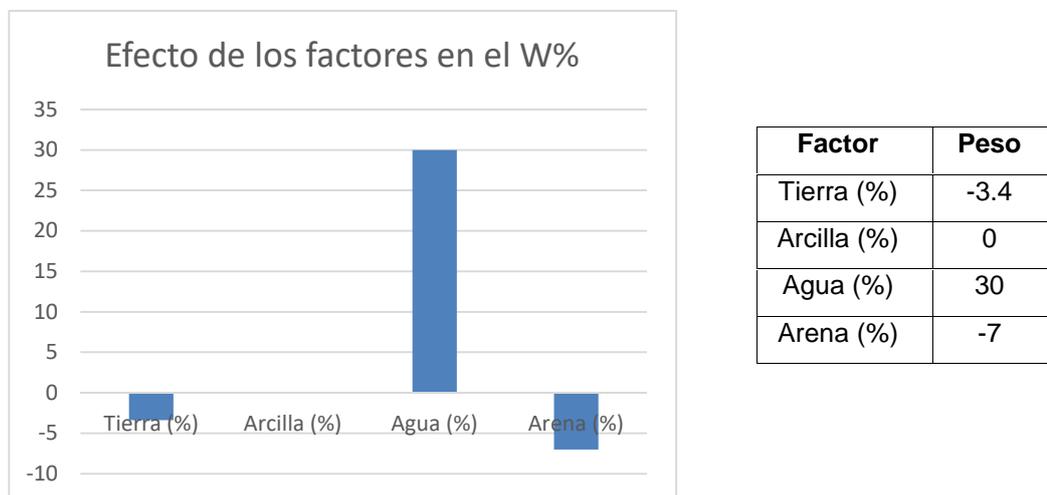
**Figura 50.** Gráfico de los residuales de agua.

En la figura 51 se observa que los residuos del material arena no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 51.** Gráfico de los residuales de arena.

El incremento de tierra reduce el Contenido de Humedad Óptimo (COH), la arcilla no tiene ningún efecto en el COH, el incremento de agua incrementa el COH, finalmente el incremento de arena y tierra disminuye el COH, como se muestra en la figura 52.



**Figura 52.** Efecto de los factores tierra, arcilla, agua y arena en el contenido de humedad.

#### 4.1.3. Resultado Densidad Seca - Fase 1

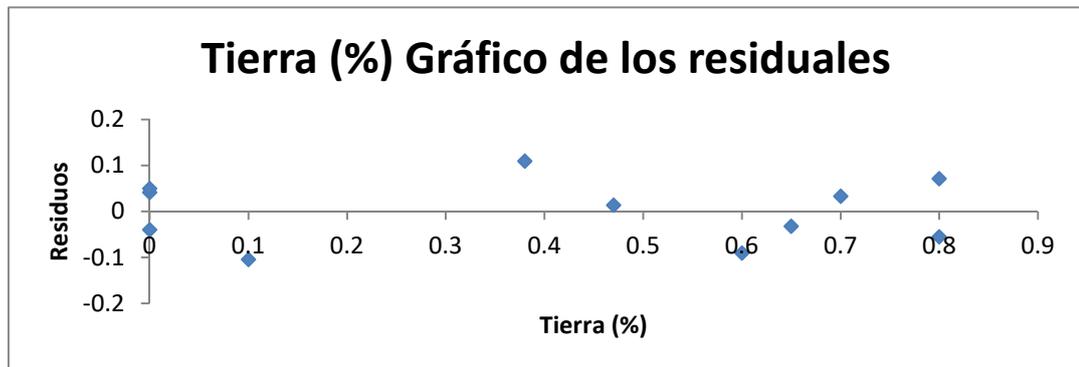
El modelo matemático que resulta de los ensayos explica el 55% del cambio en la variable densidad seca.

**Tabla 34.** Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la Regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.74
Coefficiente de determinación $R^2$	55%
$R^2$ ajustado	0.21
Error típico	0.08
Observaciones	11

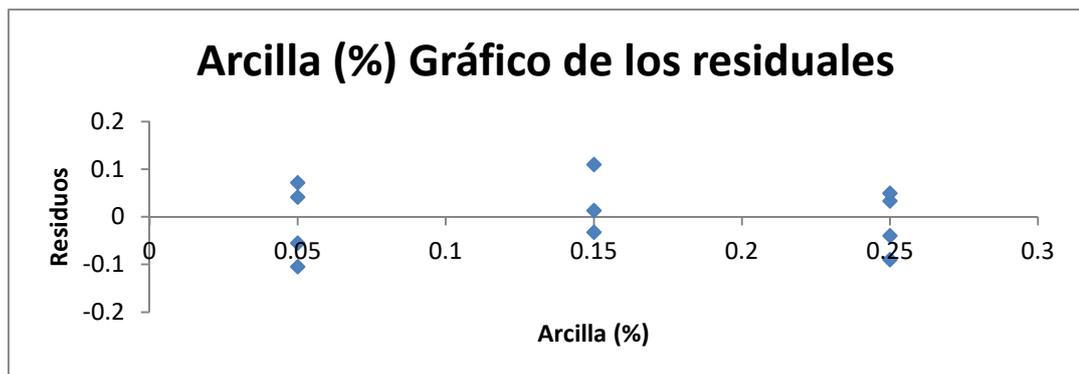
En la tabla 34 se observa que el coeficiente de correlación múltiple de la densidad seca en la fase 1 es fuerte y positivo y asciende a 0.74, mientras que el coeficiente de determinación  $R^2$  asciende al 55%. Asimismo, se ha calculado un error típico de 0.08.

En la figura 53 se observa que los residuos del material tierra no presentan valores atípicos lejanos.



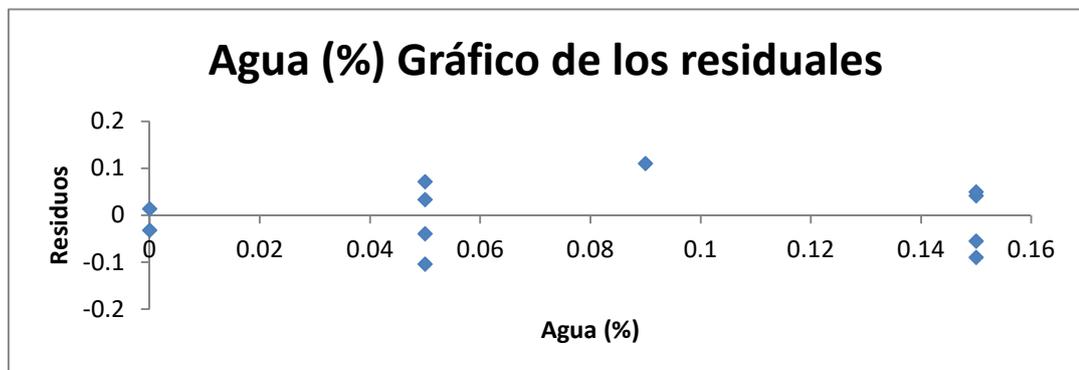
**Figura 53.** Gráfico de los residuales de tierra.

En la figura 54 se observa que los residuos del material arcilla no presentan valores atípicos lejanos.



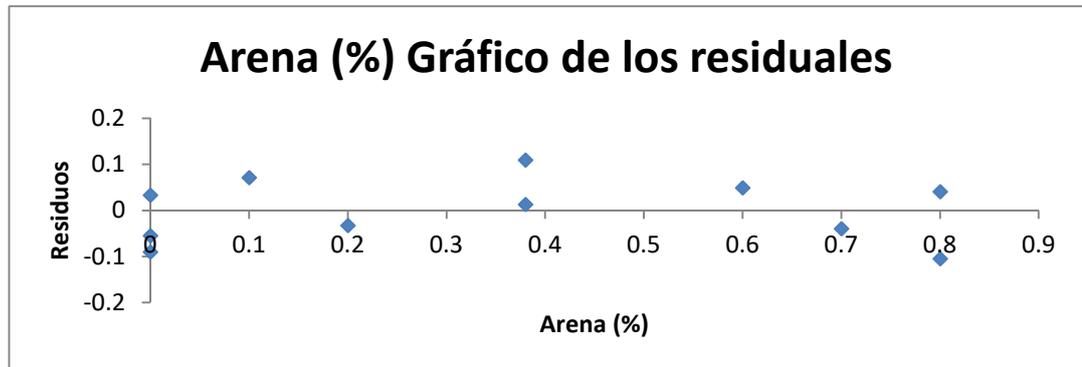
**Figura 54.** Gráfico de los residuales de arcilla.

En la figura 55 se observa que los residuos del material agua no presentan valores atípicos lejanos.



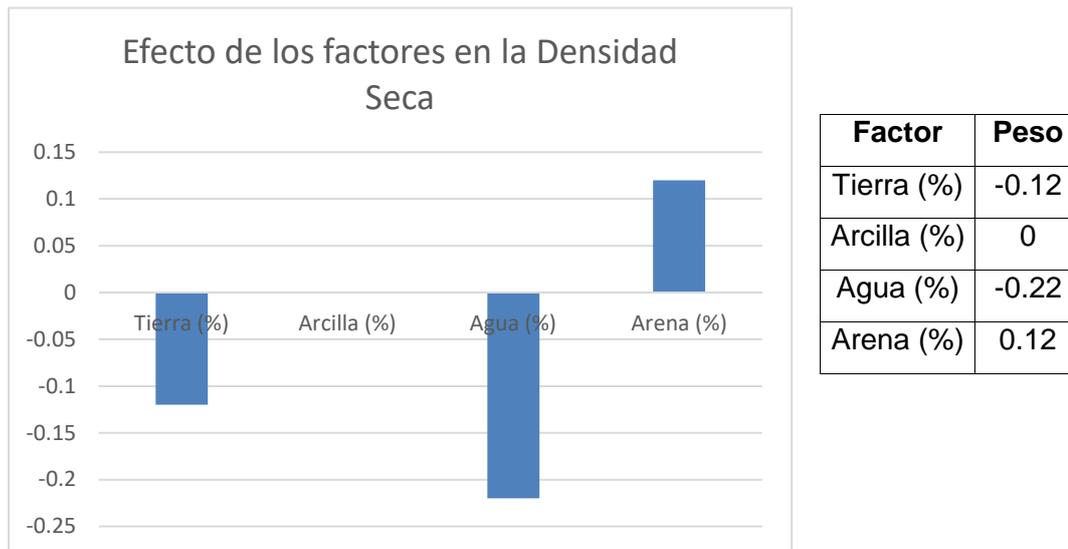
**Figura 55.** Gráfico de los residuales de agua.

En la figura 56 se observa que los residuos del material arena no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 56.** Gráfico de los residuales de arena.

El incremento de tierra y agua reduce la densidad seca, la arcilla no tiene ningún efecto en la densidad seca, finalmente el incremento de arena aumenta la densidad seca, como se muestra en la figura 57.



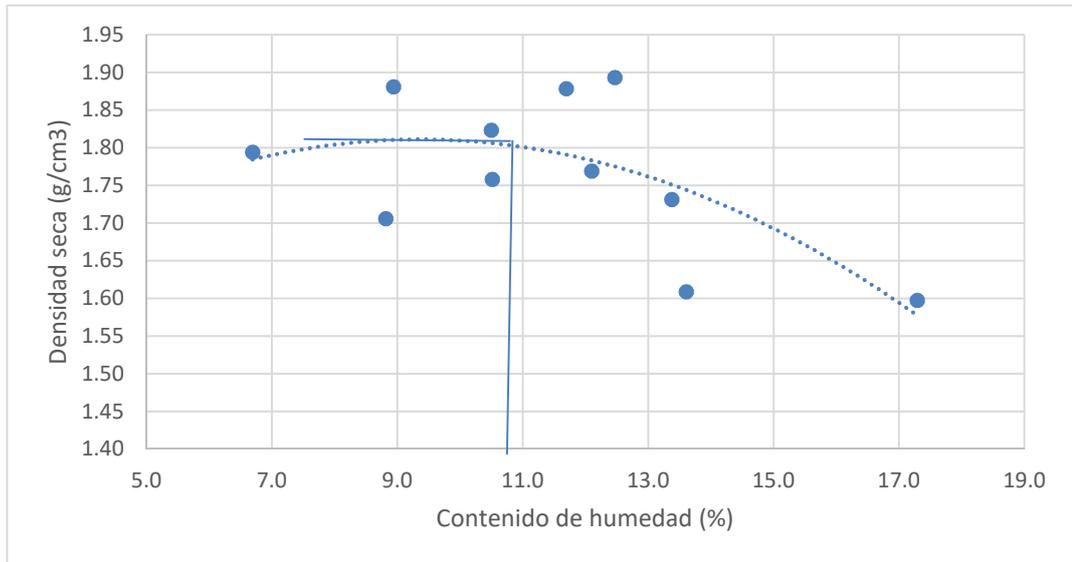
**Figura 57.** Efecto de los factores tierra, arcilla, agua y arena en la densidad seca.

Por lo tanto, se obtuvo la siguiente ecuación del comportamiento de la densidad seca en función de la tierra, arcilla, agua y arena.

$$D_s = 1.79 - 0.12 \cdot \text{Tierra} + 0 \cdot \text{Arcilla} - 0.22 \cdot \text{Agua} + 0.12 \cdot \text{Arena}$$

Del cual se puede interpretar que la tierra disminuye la densidad de la mezcla ya que su coeficiente es de **-0.12**, la arcilla no tiene efecto, el agua disminuye su densidad y el único material que aumenta la densidad es la arena.

Se aprecia en la figura 58 que la densidad máxima alcanzada es de 1.81 g/cm<sup>3</sup> con un contenido óptimo de humedad de 9.8%.



**Figura 58.** Gráfico de Densidad Seca VS Contenido de humedad y curva de compactación.

#### 4.1.4. Resultado del Contenido de Humedad de Compactación - Fase 2

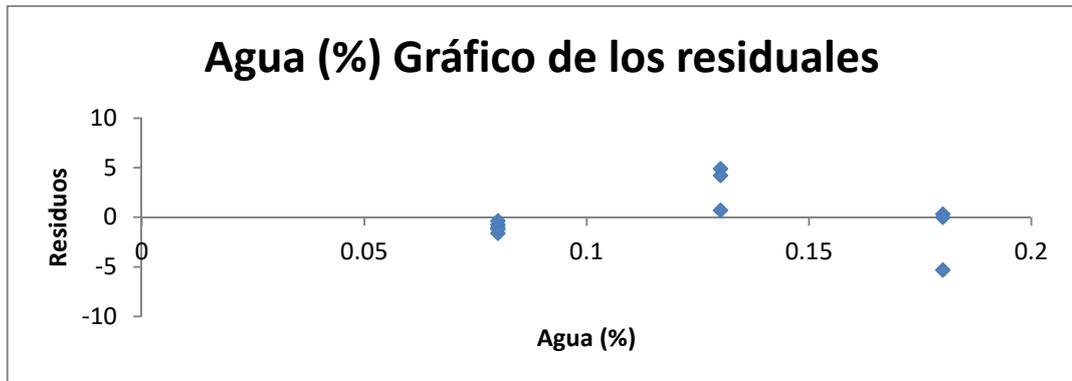
El modelo matemático que resulta de los ensayos explica el 70% del cambio en la variable contenido de humedad.

**Tabla 35.** Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la Regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.84
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	70%
R <sup>2</sup> ajustado	0.50
Error típico	3.09
Observaciones	11

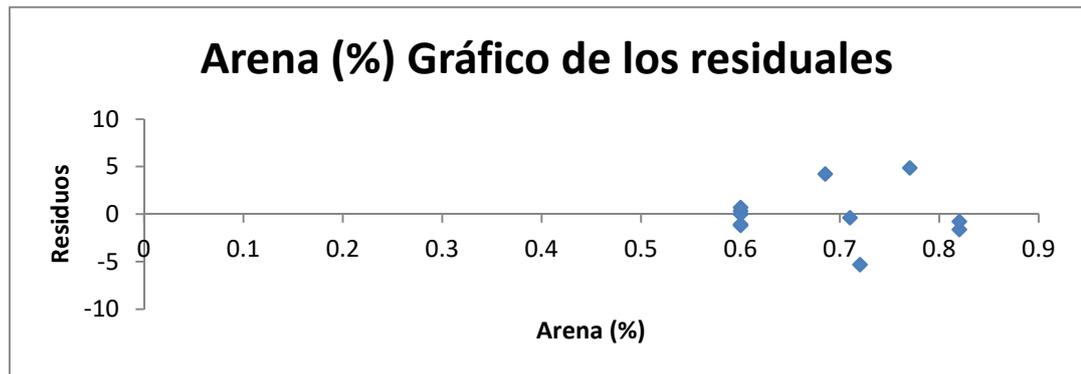
En la tabla 35 se observa que el coeficiente de correlación múltiple del contenido de humedad en la fase 2 es fuerte y positivo y asciende a 0.84, mientras que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> asciende al 70%. Asimismo, se ha calculado un error típico de 3.09.

En la figura 59 se observa que los residuos del material agua no presentan valores atípicos lejanos.



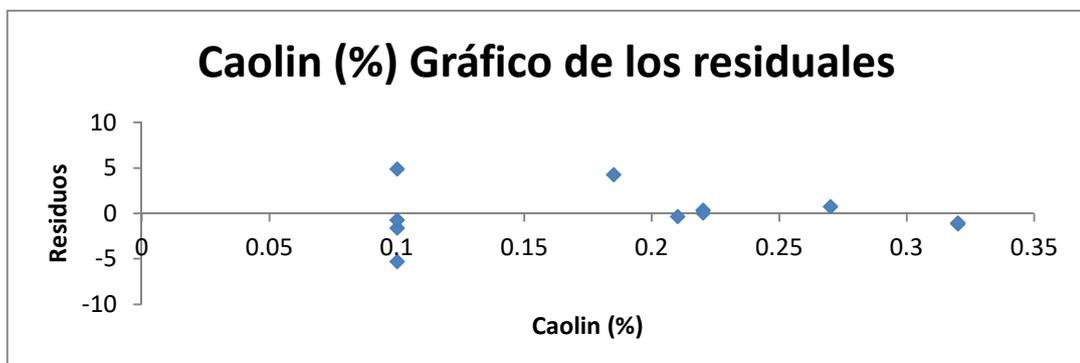
**Figura 59.** Gráfico de los residuales de agua.

En la figura 60 se observa que los residuos del material arena no presentan valores atípicos lejanos.



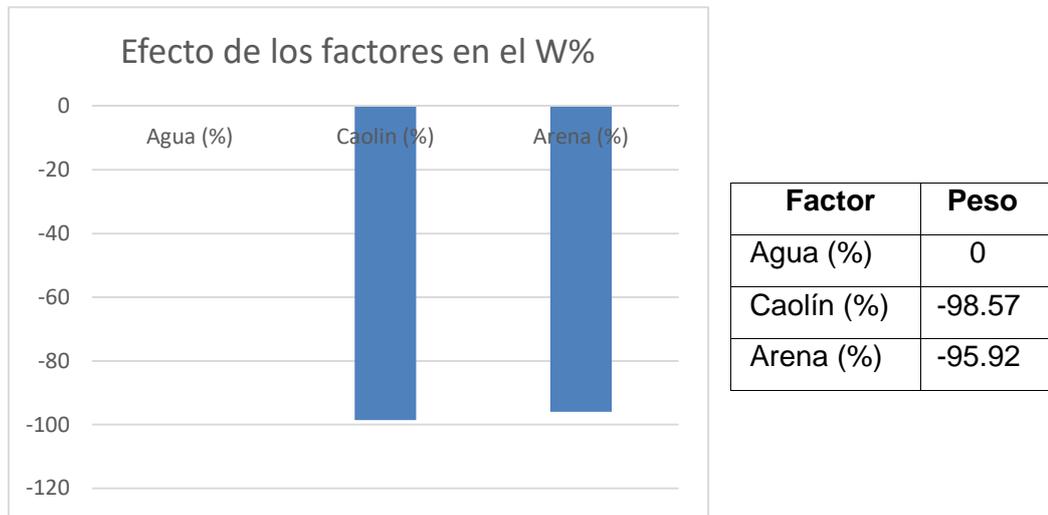
**Figura 60.** Gráfico de los residuales de arena.

En la figura 61 se observa que los residuos del material arcilla (caolín) no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 61.** Gráfico de los residuales de caolín.

El incremento de, tanto el caolín como la arena, disminuyen el contenido de humedad como se muestra en la figura 62.



**Figura 62.** Efecto de los factores agua, caolín y arena en el contenido de humedad.

#### 4.1.5. Resultado Densidad Seca - Fase 2

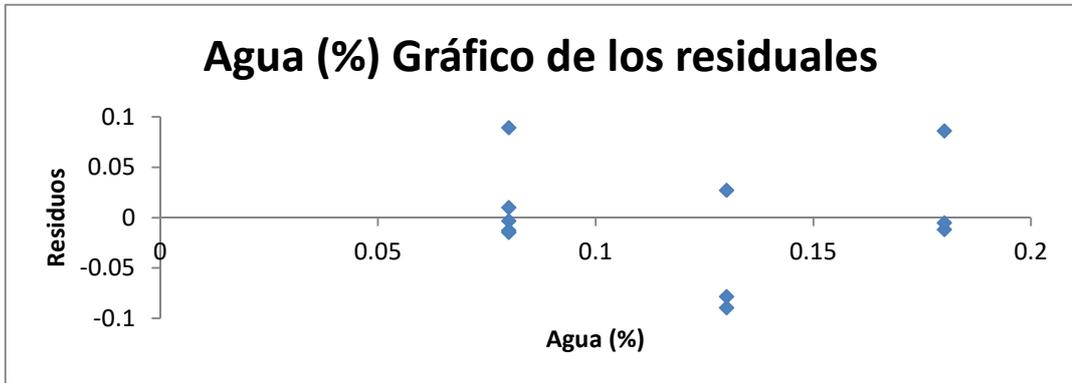
El modelo matemático que resulta de los ensayos explica el 76% del cambio en la variable densidad seca.

**Tabla 36.** Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la Regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.87
Coefficiente de determinación $R^2$	76%
$R^2$ ajustado	0.58
Error típico	0.06
Observaciones	11

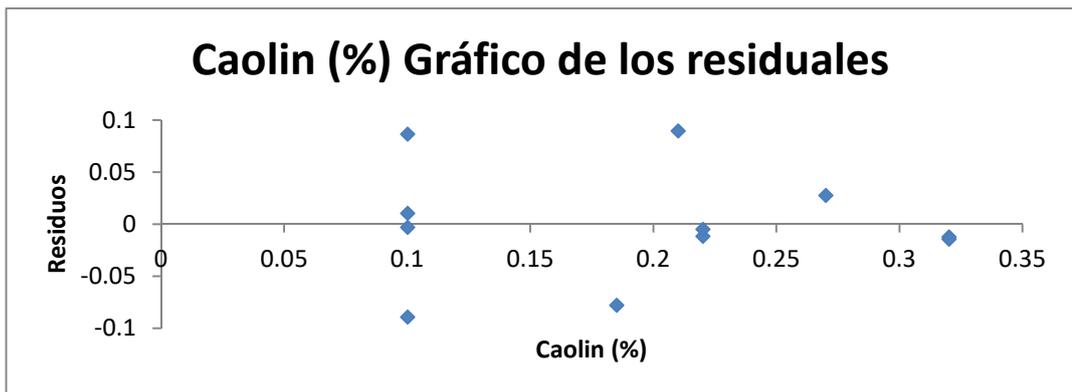
En la tabla 36 se observa que el coeficiente de correlación múltiple de la densidad seca en la fase 2 es fuerte y positivo y asciende a 0.87, mientras que el coeficiente de determinación  $R^2$  asciende al 76%. Asimismo, se ha calculado un error típico de 0.06.

En la figura 63 se observa que los residuos del material agua no presentan valores atípicos lejanos.



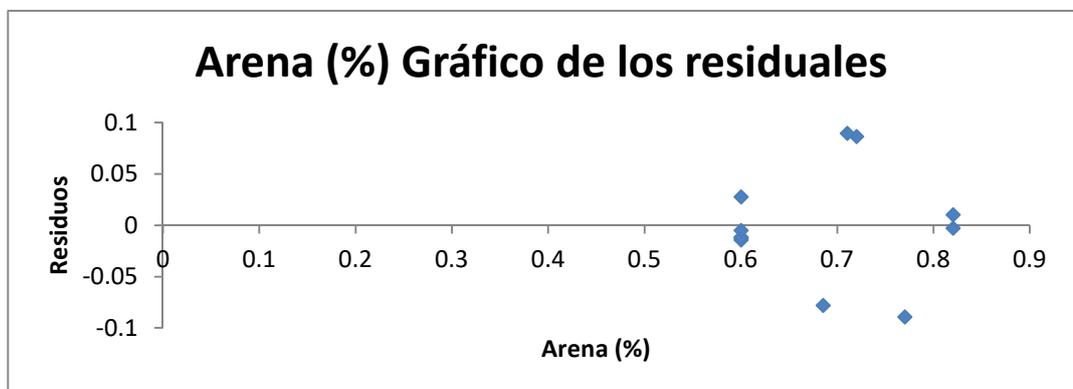
**Figura 63.** Gráfico de los residuales de agua.

En la figura 64 se observa que los residuos del material arcilla (caolín) no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 64.** Gráfico de los residuales de caolín.

En la figura 65 se observa que los residuos del material arena no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 65.** Gráfico de los residuales de arena.

En la tabla 37 se observa que por cada 1% de caolín que se aumenta a la mezcla, su densidad crece en 1.53 g/cm<sup>3</sup>.

Igualmente, por cada 1% de arena que se incrementa a la mezcla, su densidad crece en 2.13 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 37.** Coeficientes de densidad seca de los factores para la Fase 2.

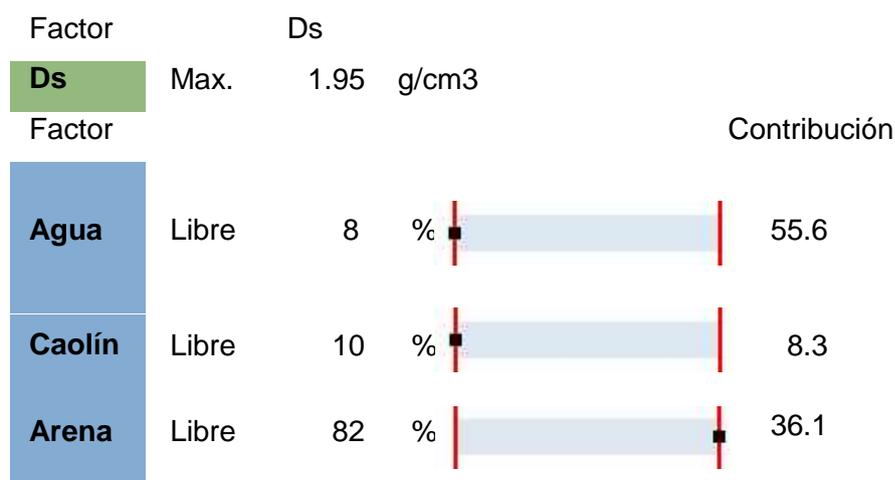
Coeficientes	
Intercepción	0.04
Agua (%)	0
Caolín (%)	1.53
Arena (%)	2.13

De la tabla anterior se obtuvo la siguiente ecuación del comportamiento de la densidad seca en función del agua, caolín y arena.

$$D_s = 0.05 + (0) * \text{Agua} + 1.5 * \text{Caolín} + 2.1 * \text{Arena}$$

$$D_s = 1.5 * \text{Caolín} + 2.1 * \text{Arena}$$

A través de una regresión adicional de tipo mínimos cuadrados parciales (software Modde), usando los mismos datos, se ha optimizado la mezcla de los componentes para obtener la máxima densidad posible, a continuación, se detallan los resultados en la figura 66.



**Figura 66.** Resultado de la optimización por mínimos cuadrados parciales.

#### 4.1.6. Resultado Resistencia a la Compresión Simple

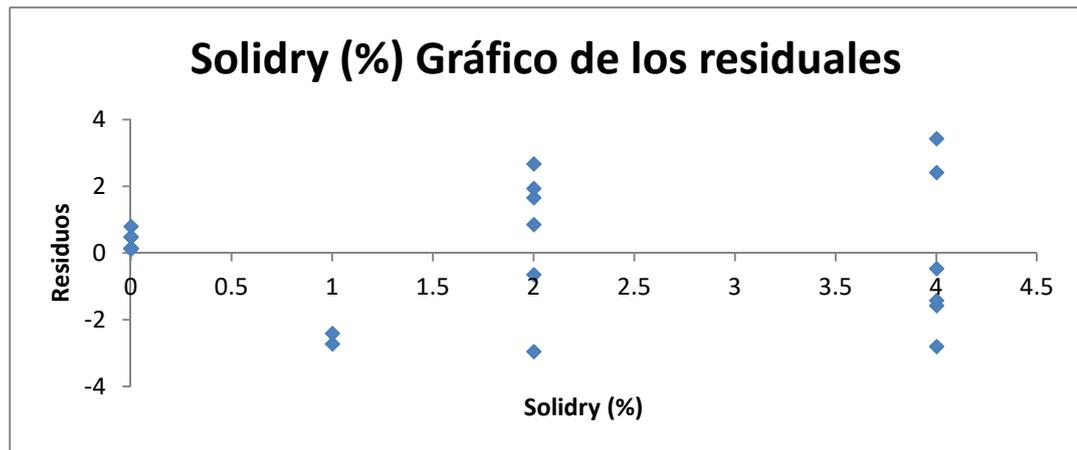
El modelo matemático que resulta de los ensayos explica el 90% del cambio en la variable resistencia a la compresión simple.

**Tabla 38.** Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la Regresión	
Coefficiente de correlación múlti	0.95
Coefficiente de determinación	90%
R <sup>2</sup> ajustado	0.89
Error típico	2.00
Observaciones	20

En la tabla 38 se observa que el coeficiente de correlación múltiple de la densidad seca es fuerte y positivo y asciende a 0.95, mientras que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> asciende al 90%. Asimismo, se ha calculado un error típico de 2.00.

En la figura 67 se observa que los residuos del polímero solido llamado Solidry no presentan valores atípicos lejanos.



**Figura 67.** Gráfico de los residuales de Solidry

En la figura 68 se observa que los residuos del polímero líquido llamado C-444 no presentan valores atípicos lejanos.

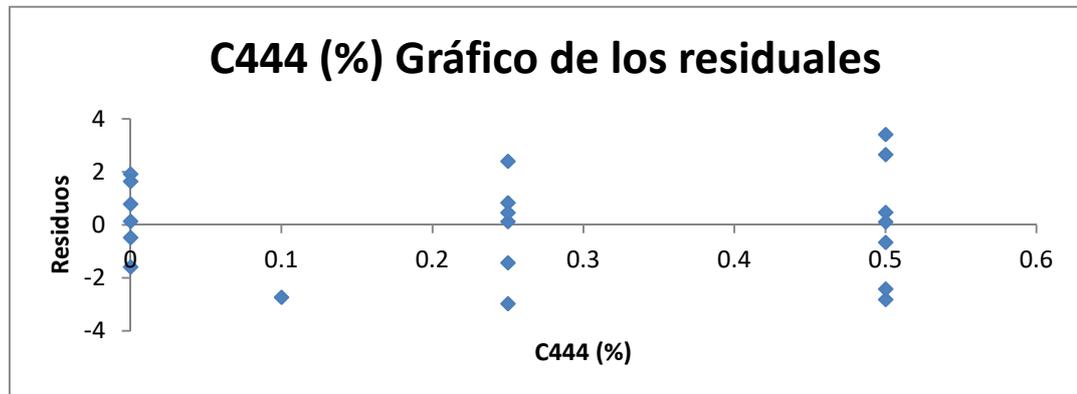


Figura 68. Gráfico de los residuales de C-444.

Por cada 1% de Solidry que se aumenta al suelo, éste eleva su resistencia en 3.53 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, al aumentar el porcentaje de C-444, este disminuye la resistencia del suelo.

De lo calculado, se determina que la resistencia natural del suelo es de 0.53 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 39. Coeficientes de resistencia a la compresión simple de Solidry y C444.

Coeficientes	
Intercepción	0.53
Solidry (%)	3.53
C444 (%)	<b>-0.06</b>

De la tabla anterior se obtuvo la siguiente ecuación del comportamiento de la resistencia a la compresión del Polisuelo (F' Ps).

$$F' Ps = 0.53 + 3.53 * Solidry - 0.06 * C444$$

Eliminado el C444 de la mezcla se tiene la siguiente fórmula:

$$F' Ps = 0.53 + 3.53 * Solidry$$

Para comparar el suelo natural con la máxima dosis de polímero:

Suelo natural: Solidry = 0%:

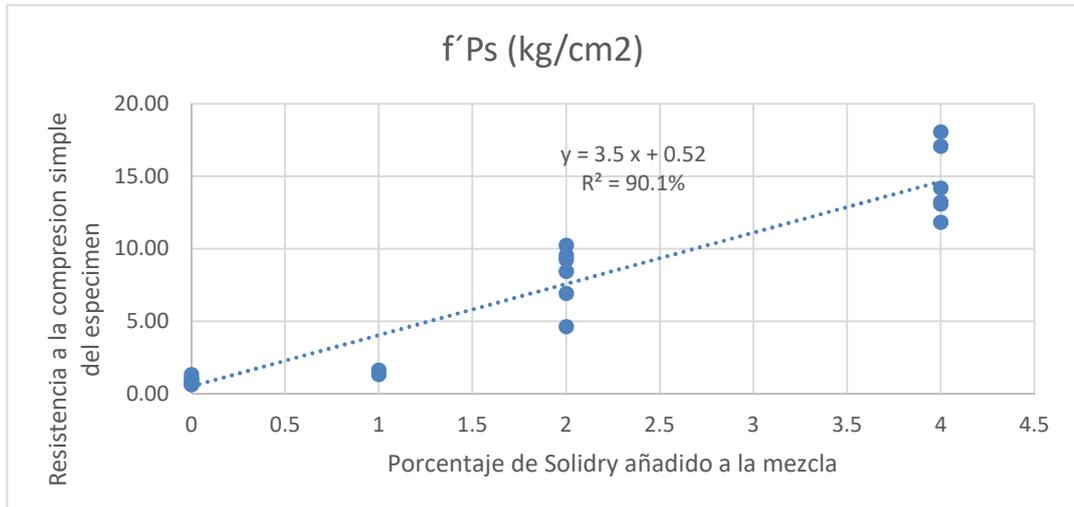
$$F' Ps = 0.53 + 3.53 * 0 = 0.53 \text{ kg/cm}^2 \text{ (suelo con 0\% de polímero)}$$

Polisuelo con 4% de Solidry:

$$F' Ps = 0.53 + 3.53 * 4 = 14.65 \text{ kg/cm}^2 \text{ (suelo con 4\% de polímero)}$$

Ganancia de resistencia:  $14.65 / 0.53 = 27$  veces.

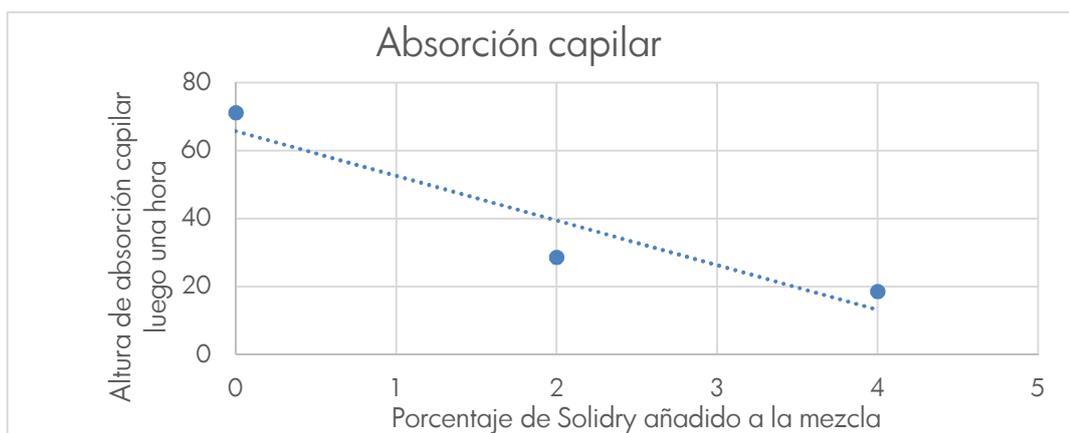
En la figura 69 se evidencia que la resistencia a la compresión de los especímenes ensayados se incrementa conforme se incrementa la dosis de Solidry, para este caso cuando se agrega 4% de Solidry, la resistencia alcanza 14.52 kg/cm<sup>2</sup>, es decir se incrementa hasta 27 veces respecto del suelo sin polímero.



**Figura 69.** Resistencia a la compresión VS Porcentaje de Solidry.

#### 4.1.7. Resultado Absorción Capilar

En la figura 70 se observa que al incrementar la dosis de polímero Solidry, la absorción capilar disminuye notablemente, siendo que para una dosis de 4% de Solidry, la absorción capilar disminuye hasta un valor de 16%, es decir que la absorción capilar es la cuarta parte respecto del espécimen sin polímero.



**Figura 70.** Altura de absorción capilar luego de una hora VS Porcentaje de Solidry.

## 4.2. Prueba de Hipótesis

### 4.2.1. p-valor Fase 1- Contenido de Humedad

En la tabla 40 se muestra que, el p-valor de los materiales tierra, arcilla, agua y arena no tienen un efecto estadísticamente significativo en el contenido óptimo de humedad debido a que el p-valor máximo es 0.05.

**Tabla 40.** *p-valor de los materiales en la Fase 1 para el contenido de humedad.*

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	12.9	0.06845356
Tierra (%)	-3.4	0.63942846
Arcilla (%)	0.0	0
Agua (%)	30.0	0
Arena (%)	-7.0	0.35476853

Nota. **p-valor:** Denominado también p-value en inglés, se define como la probabilidad de que un valor estadístico calculado sea posible dada una hipótesis nula cierta.

Fuente: **Wikipedia.org**. VALOR P. 2021. [https://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_p](https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_p). (24)

### 4.2.2. p-valor Fase 1 - Densidad Seca

En la tabla 41 se muestra que, el p-valor de los materiales tierra, arcilla, agua y arena no tienen un efecto estadísticamente significativo en la densidad seca debido a que el p-valor máximo de comparación es 0.05.

**Tabla 41.** *p-valor de los materiales en la Fase 1 para la densidad seca.*

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	1.79	0.00018457
Tierra (%)	-0.12	0.69676487
Arcilla (%)	0.00	0
Agua (%)	-0.22	0
Arena (%)	0.12	0.70347766

### 4.2.3. p-valor Fase 2 - Contenido de Humedad

En la tabla 42 se muestra que, el p-valor de los materiales arcilla (caolín) y arena tienen un efecto estadísticamente significativo en el contenido óptimo de humedad debido a que son menores que el p-valor máximo de 0.05.

**Tabla 42.** Valores *p* de los materiales en la Fase 2 para el contenido de humedad.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	100.30	0.00094012
Agua (%)	0.00	0
Arcilla (%)	-98.57	0
Arena (%)	-95.92	0.00285699

#### **4.2.4. p-valor Fase 2 - Densidad Seca**

En la tabla 43 se muestra que, el p-valor de los materiales agua, arcilla (caolín) y arena no tienen un efecto estadísticamente significativo en el contenido óptimo de humedad debido a que el p-valor máximo es 0.05.

**Tabla 43.** Valores *p* de los materiales en la Fase 2 para la densidad seca.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	0.04781367	0.90704972
Agua (%)	0	0
Arcilla (%)	1.5352252	0
Arena (%)	2.13324198	0.0015882

#### **4.2.5. p-valor - Resistencia a la compresión**

En la tabla 44 se observa que el p-valor del polímero sólido llamado Solidry es menor que 0.05, por lo que se afirma que tiene un efecto significativo en la resistencia del suelo.

Por otro lado, dado que el p-valor del polímero líquido C-444 es mayor que 0.05, se afirma que no tiene un efecto significativo en la resistencia del suelo.

**Tabla 44.** *p*-valor de los materiales para la resistencia a la compresión.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	0.53	0.5624753
Solidry (%)	3.53	0
C-444 (%)	-0.06	0.9798885

### 4.3. Discusión de Resultados

(GARCIA, 2019) Estableció que el caolín ante la presencia del agua tiene un comportamiento frágil, el cual compenso con un 12% de cemento, incrementando su resistencia; al saturar la briqueta sin cemento se pudo comprobar su desintegración. Sin embargo, el mismo suelo estabilizado con cemento en cantidades superiores al 8% disminuyó hasta en un 50 % su resistencia. En la presente tesis, el espécimen conformado por la mezcla de arena, arcilla (caolín) y agua al sumergirse en un recipiente que lo cubría de agua, se evidenció su desintegración, por lo que se optó utilizar el polímero Solidry en cantidades mayores al 2% para estabilizar y mejorar las propiedades de resistencia de la mezcla. Se determinó que por cada 1% de Solidry que se aumenta al suelo, éste eleva su resistencia en 3.53 kg/cm<sup>2</sup>. Si bien el trabajo de García pudo investigar dosis altas de cemento que superaban el 8%, en la presente tesis sólo se ha estudiado el material cuando se le añade como máximo de 4% de polímero y no se ha encontrado que la resistencia disminuya.

(SANCA, 2020) En su investigación aplicó dosis de Solidry de: 1.25%, 1.75% y 1.90%, comprobando con los ensayos que la capacidad portante del suelo mejora al aplicarle el Cloruro de Sodio y el Sistema Consolid en ambos aditivos se observó un aumento continuo del CBR. En la presente tesis se han usado dosis de Solidry de 0% a 4% en porcentaje del suelo seco, la resistencia fue medida a través del indicador de resistencia a la compresión simple, pero no se realizaron ensayos de CBR puesto que el objetivo de diseño de mezcla para un circuito peatonal es distinto a uno de pavimento vehicular. Además, en el trabajo de Sanca se aplicó un diseño de investigación de tipo comparación de grupos con muestra patrón, mientras que en la presente tesis se investigó el efecto del Sistema Consolid mediante un diseño experimental con la manipulación de varios factores al mismo tiempo.

(VELASQUEZ Y OTROS, 2018) Hallaron que el contenido de humedad óptimo de la mezcla de suelo que estudiaron fue de 23.4%, mientras que en la presente tesis la mezcla óptima de arcilla (caolín), arena y agua presenta un contenido óptimo que maximiza su densidad igual a 8%. Sin embargo, por recomendación del manual del proveedor del polímero, se incrementó 2% de contenido de humedad a la mezcla de los especímenes a los cuales se agregó el Sistema Consolid.

El valor hallado por la tesis citada en los antecedentes está fuera de los límites usuales para el tipo de suelo que se menciona en dicha tesis.

**Tabla 45.** *Rango de valores de contenido de humedad para diferentes tipos de suelo.*

Rango de valores de contenido de humedad (%)	Tipo de suelo
14 - 20	Arcilla
12 - 16	Limo
8 - 12	Limo arenoso
6 - 10	Arena

Fuente: **Chegg Study.** CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO. 2003. [https://www.chegg.com/homework-help/definitions/optimum-moisture-content-8. (25)]

(CHACON, 2021) En su investigación obtuvo como resultado que una de las probetas de tierra elaborados con una dosis de SOLIDRY de 2 el peso del suelo y una dosis de C-444 de 0.8% en peso seco del suelo combinados con 16 golpes de energía de compactación, se alcanzó una resistencia a la compresión de hasta 13 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en la presente tesis para la mezcla de Polisuelo conformada por arcilla (caolín), Solidry, arena y agua se alcanzó una resistencia máxima a la compresión de 18.06 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de 0.5 de C-444 Y 4% de Solidry. Sin embargo, se determinó que el uso del componente C-444 es irrelevante para el incremento de la resistencia, por tal motivo se excluyó el uso del C-444 en la mezcla denominada Polisuelo. La mejora en los valores de la resistencia hallados en la presente tesis, con una menor dosis de polímero se explican primero por el tipo de suelo el cual es arena cuarzosa de Machupichu a diferencia del limo de San Sebastián utilizado en la tesis de Chacón; segundo, en la presente tesis se utilizó la arcilla de tipo caolín como un potenciador del efecto del Sistema Consolid.

Para la elaboración de la presente investigación se interpretó y consideró la normativa ASTM, AASHTO, Ley de Patrimonio Cultural y Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu, para aplicarlas en los métodos de los ensayos realizados para obtener resultados confiables.

Así mismo, se verificó que los equipos empleados en los ensayos de laboratorio cumplan con los requisitos de calibración para garantizar los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES

### C1.

Se ha logrado determinar el efecto del polímero en la mezcla del material (Polisuelo) para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu. En este sentido, la hipótesis planteada como: el polímero influirá significativamente en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu; se ha demostrado al encontrarse que el coeficiente de determinación  $R^2$  para la regresión asciende a 90%, con un p-valor cercano a cero para un nivel de significancia de 95%. El modelo matemático para la resistencia a la compresión del efecto del polímero es:  $F'Ps = 3.5 * Solidry$ , es decir que, por cada 1% de polímero sólido llamado Solidry que se aumenta al suelo, éste eleva su resistencia en 3.53 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, también se ha evidenciado que, al aumentar el porcentaje de polímero líquido llamado C-444 la resistencia a la compresión de la mezcla se ve disminuida.

### C2.

Se ha logrado determinar el efecto del polímero en la mezcla del material, para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu. Se demuestra cualitativamente mediante estadística descriptiva del ensayo de tres especímenes, que el polímero influirá en la absorción capilar del material del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu. En este sentido, se observó que al incrementar la dosis de polímero Solidry, la absorción capilar disminuye notablemente, siendo que para una dosis de 4% de Solidry, la absorción capilar se reduce hasta un valor de 16%, es decir que la absorción capilar es la cuarta parte respecto del espécimen sin polímero.

### C3.

Se ha logrado determinar la mezcla de componentes que permiten obtener la densidad máxima seca del material del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.

Siendo que, la mezcla de componentes que permiten determinar la mencionada densidad máxima distinta a la usada actualmente en el mantenimiento de los pisos, ya que al incluirse la arcilla (caolín) y al eliminar de la mezcla lo que tradicionalmente se denomina tierra y arcilla, se obtiene las proporciones:

**Tabla 46.** *Proporciones de materiales para la elaboración de Polisuelo.*

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje</b>
Agua	8
Arcilla	10
Arena	82

Los mismos que dan una densidad máxima seca de  $1.95 \text{ g/cm}^3$  para un contenido óptimo de humedad de 8%.

#### **C4.**

Los resultados obtenidos han sido en condiciones de laboratorio. Así mismo, se podría obtener una ligera variación en los resultados al realizarse pruebas de campo en condiciones reales de carga y climatológicas. Sin embargo, esta ligera variación no incide en la garantía de la funcionalidad de dicho tratamiento superficial de piso desarrollado en la presente investigación.

#### **C5.**

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de conservar el patrimonio cultural aportando con una propuesta innovadora de mejora y optimización en el proceso del tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu utilizando Polisuelo, de esta manera se prolongará el tiempo de vida útil del suelo, reducir el impacto ambiental por la extracción continua de materiales de las canteras aledañas a la zona y por consiguiente el ahorro de costos.

## C6.

Del análisis de los resultados obtenidos de los ensayos elaborados en el presente trabajo de investigación, se ha determinado las proporciones de cada material para la preparación de un metro cúbico de la mezcla denominada Polisuelo, para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal; en la tabla 47 se observa las dosificaciones de cada material en porcentajes.

**Tabla 47.** *Proporciones en porcentaje para la preparación de Polisuelo.*

Materiales para preparar 1 m <sup>3</sup> de Polisuelo				Uso
Arena Cuarzo (%)	Arcilla Caolín (%)	Solidry (%)	Agua (%)	
80	10	2	8	Piso de circuitos de tránsito peatonal

En la tabla 48 se observa las dosificaciones de cada material en metro cúbico para la preparación de la mezcla denominada Polisuelo, para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal.

**Tabla 48.** *Proporciones en metro cubico para la preparación de Polisuelo.*

Materiales para preparar 1 m <sup>3</sup> de Polisuelo				Uso
Arena Cuarzo (m <sup>3</sup> )	Arcilla Caolín (m <sup>3</sup> )	Solidry (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	
0.8	0.1	0.02	0.08	Pisos de circuitos de tránsito peatonal

## C7.

Se realizó una comparación entre el análisis de costos unitarios de la mezcla de materiales para tratamiento de pisos de tierra utilizado actualmente por el Plan Maestro del Santuario Historio de Machupicchu y la mezcla diseñada en la presente investigación denominada Polisuelo para tratamiento de pisos del circuito de tránsito peatonal.

En la figura 71 se observa que en la partida Mezcla de materiales para tratamiento de pisos de tierra, se considera un rendimiento de 4 m<sup>3</sup>/día para una cuadrilla de 10A, 10B Y 20C en una jornada de trabajo de 8 horas, obteniendo un costo de S/.101.77 por metro cúbico.

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA MEZCLA DE MATERIALES UTILIZADOS ACTUALMENTE POR EL PLAN MAESTRO DEL SANTUARIO HISTÓRICO DE MACHUPICCHU**

Partida	MEZCLA DE MATERIALES PARA TRATAMIENTO DE PISOS DE TIERRA							
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DÍA	4.0000	Jornada: h/DÍA	8.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	101.77		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>						
101010003	OBRERO A		hh	1	2.00	10.50	21.00	
101010004	OBRERO B		hh	1	2.00	10.16	20.32	
101010005	OBRERO C		hh	2	4.00	9.01	36.44	
							<b>60.36</b>	
		<b>Materiales</b>						
020703001	TIERRA		m <sup>3</sup>		0.1	70.00	7.00	
021301001	ARCILLA		m <sup>3</sup>		0.1	120.00	12.00	
							<b>19.00</b>	
		<b>Equipos</b>						
030101006	HERRAMIENTAS MANUALES		SMD		3.0000	50.58	2.41	
							<b>2.41</b>	

**Figura 71.** Análisis de Costos unitarios utilizado actualmente por el Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu.

En la figura 72 se observa que en la partida Mezcla de Polisuelo para tratamiento de pisos también se considera un rendimiento de 4 m<sup>3</sup>/día para una cuadrilla de 10A, 10B Y 20C en una jornada de trabajo de 8 horas, obteniendo un costo de S/.471.67 por metro cúbico.

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL TRATAMIENTO DE PISOS CON POLISUELO ELABORADO EN LA PRESENTE INVESTIGACION**

Partida	TRATAMIENTO DE PISOS CON POLISUELO							
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DÍA	4.0000	Jornada: h/DÍA	8.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	471.67		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>						
101010003	OBRERO A		hh	1	2.00	10.50	21.00	
101010004	OBRERO B		hh	1	2.00	10.16	20.32	
101010005	OBRERO C		hh	2	4.00	9.01	36.44	
							<b>60.36</b>	
		<b>Materiales</b>						
0272010016	ARCILLA (CAOLIN)		m <sup>3</sup>		0.10	146.00	14.60	
0272040053	POLIMERO SODRY (BLS X25KG)		kg		1.65	240.00	374.40	
							<b>388.90</b>	
		<b>Equipos</b>						
030101006	HERRAMIENTAS MANUALES		SMD		3.0000	30.36	2.41	
							<b>2.41</b>	

**Figura 72.** Análisis de Costos unitarios para el tratamiento de pisos con Polisuelo.

Al realizar el análisis de costo-beneficio se determinó lo siguiente:

- Para la partida Mezcla de materiales para tratamiento de pisos de tierra, en un año deberá realizarse 4 mantenimientos del tratamiento de piso de los circuitos de tránsito peatonal, debido a que su tiempo de vida útil es de 3 meses aproximadamente. Resultando el costo del tratamiento por metro cúbico de S/.814.17 para un periodo de 2 años.
- Para la partida Tratamiento de pisos con Polisuelo, el costo resultante es de S/.471.67 por metro cúbico; para un tiempo de vida útil de 2 años.

Por lo tanto, del análisis anterior se concluye que, al hacer una comparación el tratamiento de pisos de Polisuelo tiene un costo por metro cúbico más elevado, sin embargo, el tiempo de vida útil es mayor comparado con la mezcla actualmente utilizada para el tratamiento de piso; por lo que se recomienda invertir en una propuesta innovadora que a largo plazo traerá beneficios como la utilización de materiales eco amigables, se reducirá la cantidad de trabajos de mantenimiento del circuito de tránsito peatonal, optimización de recursos y tiempo, así como un ahorro económico en el costo de mantenimiento anual de los pisos del circuito.

## RECOMENDACIONES

### R1.

Se recomienda sustituir el uso de los materiales tierra y arcilla para el tratamiento superficial de los pisos de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu por la arcilla (caolín), debido a que no aportan mejoras en la resistencia a compresión, ni a la absorción capilar. Sin embargo, el caolín es una arcilla con granulometría uniforme y de gran pureza, por lo que potencia las propiedades del polímero sólido llamado Solidry y por consiguiente mejora las propiedades del Polisuelo.

### R2.

Se recomienda el uso del polímero sólido llamado Solidry debido a que se evidenció que su uso en la mezcla de Polisuelo aumentó la resistencia a la compresión, por lo que mejora las propiedades del suelo, haciendo que se prolongue su tiempo de vida útil. También es importante recalcar que el uso del polímero Solidry en la mezcla funciona como agente impermeabilizante.

### R3.

Se recomienda realizar investigaciones utilizando el polímero Solidry en otros campos como vías terrestres, cimentaciones y presas, realizando las mismas etapas de estudio de la presente tesis con los materiales y dosificaciones correspondientes para cada campo de investigación.

### R4.

Se recomienda no aplicar el polímero líquido llamado C-444 ya que se ha comprobado que al aumentar el porcentaje de su dosificación no incrementa la resistencia a la compresión de la mezcla, más bien tendiendo a disminuirla.

**R5.**

Se recomienda utilizar métodos de compactación estandarizados que permitan distribuir la energía transmitida de forma uniforme en el piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, de tal manera que se garantice su correcta compactación.

**R6.**

Se recomienda que otros investigadores comparen los resultados obtenidos en la presente tesis con los resultados de otras investigaciones con polímeros para analizar su efecto en el suelo y comprobar su efectividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

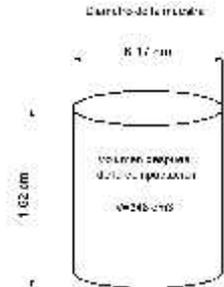
1. **Nesterenko, Darko.** Desempeño de suelos estabilizados con polimeros en Perú. *Desempeño de suelos estabilizados con polimeros en Perú - Tesis para optar el grado de Master en Ingenieria Civil con mencion en Vial.* Lima : s.n., Marzo de 2018.
2. **Zschimmer & Schwarz.** TENDENCIAS DEL SECTOR QUIMICO. *España.* [En línea] 25 de Setiembre de 2019. [Citado el: 17 de Noviembre de 2021.] <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-polimeros-y-como-se-clasifican/>.
3. **García Toro, Jonatan Rodrigo.** ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VIAS Terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolin. *Universidad Catolica de Colombia - Facultad de ingenieria.* Bogota, D.C : Universidad Catolica de Colombia - Facultad de ingenieria, 2019.
4. **Papatzani, Styliani.** COMPUESTOS POLIMÉRICOS EN SISTEMAS DE SUELO. [En línea] UNIVERSIDAD DE GALES, CARDIFF, 27 de Abril de 2001. [Citado el: 18 de Noviembre de 2021.] [https://www.researchgate.net/publication/301694707\\_Polymer\\_composites\\_in\\_flooring\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/301694707_Polymer_composites_in_flooring_systems).
5. **Udawattha, Chameera, Galabada, Harsha y Halwatura, Rangika .** ADOQUIN DE ADOBE PARA PAVIMENTOS PEATONALES. *Departamento de Ingenieria Civil, Universidad de Moratuwa, Sri Lanka.* [En línea] 1 de Setiembre de 2017. [Citado el: 22 de Noviembre de 2021.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221450951730058X#!>.
6. **Abujaber, Fahed.** HACIA UN PAISAJE PATRIMONIAL TRANSITABLE. *Dalhousie University, School of Planning.* Jordania : s.n., 2009.
7. **Sanca, Jhonny.** ESTUDIO DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS PARA MEJORAR SU CAPACIDAD PORTANTE APLICANDO CLORURO DE SODIO Y SISTEMA CONSOLID - PUENTE PIEDRA 2019. Lima : Universidad Cesar Vallejo - Facultad de ingenieria y arquitectura - Escuela profesional de ingenieria civil, 2020.
8. **Velasquez, Oskar y Avalos, Diego.** EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE TIERRA CRUDA DE LOS DISTRITOS: SAN SEBASTIAN Y SANTIAGO, ESTABILIZADOS CON SISTEMA CONSOLID, CUSCO 2018. Cusco : Universidad Andina del Cusco - Facultad de Ingenieria y Arquitectura - Carrera profesional de Ingenieria Civil, 2018.

9. **Chacon, Ivan.** DETERMINACION DEL EFECTO DEL ESTABILIZANTE CONSOLID, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO LIMO-ARENOSO, PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES, SAN SEBASTIAN, CUSCO 2021. Lima : s.n., 2021.
10. **Francke, Samuel.** conaf.cl. [En línea] 1999. [Citado el: 25 de Agosto de 2021.] [https://www.conaf.cl/protocolo-plantaciones/Documentos-y-estudios/Proteccion-de-suelos-y-agua/Elementos-guia-indice-fragilidad-suelos-forestales\\_SFrancke.pdf](https://www.conaf.cl/protocolo-plantaciones/Documentos-y-estudios/Proteccion-de-suelos-y-agua/Elementos-guia-indice-fragilidad-suelos-forestales_SFrancke.pdf).
11. **Instron.** Instron.com. [En línea] <https://www.instron.com/en/our-company/library/glossary/c/compressive-strength?region=Global%20Site#:~:text=Esfuerzo%20m%C3%A1ximo%20que%20puede%20soportar%20un%20material%20bajo%20una%20carga%20de%20aplastamiento.&text=La%20resistencia%20a%20la%20compres>.
12. **Muciño, Alberto y Santa Ana, Perla.** GRANULOMETRIA DE LA ARENA. [En línea] 2018. [http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/05/180515\\_Practica8\\_W\\_LMSE.pdf](http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/05/180515_Practica8_W_LMSE.pdf).
13. **Braja, Das.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA*. Mexico : CENGAGE Learning, 2015.
14. **Lopez, Teresa, y otros.** POLIMEROS PARA LA ESTABILIZACION VOLUMETRICA DE ARCILLAS EXPANSIVAS. Mexico : Revista Iberoamericana de Polimeros, 2010. Vol. 11(3).
15. **Consolid Productos Viales.** Presentacion del sistema CONSOLID. [En línea] 2011. <https://www.sistemaconsolid.com/>.
16. **Aguirre, José y Prado, Manuel.** ESTABILIZACION DE LA SUBRAZANE EN LA VIA CUICOCHA-APUELA DEL KM 32 AL KM 38, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA, UTILIZANDO EL SISTEMA CONSOLID. *Universidad Catolica del Ecuador*. [En línea] 2012. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6424/9.20.001874.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
17. **MINISTERIO DE CULTURA.** ¿QUE ES PATRIMONIO CULTURAL? *congreso.gob.pe*. [En línea] 2019. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/AF54A42EA8C6068B0525827A00781E61/\\$FILE/1manualqueespatrimonio.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/AF54A42EA8C6068B0525827A00781E61/$FILE/1manualqueespatrimonio.pdf).

18. **Taus, Valeria.** DETERMINACION DE LA ABSORCION CAPILAR EN HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS NATURALES Y RECICLADOS. *repositoriodigitales.mincyt.gob.ar*. [En línea] 2003. [https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CICBA\\_f3f48ce54b4f0b2359ee2a62ceec95bd](https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CICBA_f3f48ce54b4f0b2359ee2a62ceec95bd).
19. **Zayegh, Aladin.** *Identification of Foot Pathologies Based on Plantar Pressure Asymmetry*. Melbourne, Australia : Panicos Kyriacou, 2015.
20. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar.** METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. *uca.ac.cr*. [En línea] 2014. [Citado el: 18 de Octubre de 2021.] <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
21. **Pandia, Silvia.** OBTENCIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES EMPLEANDO GELATINA DE PESCADO CON EXTRACTO DE OREGANO, Y UTILIZANDO COMO RECUBRIMIENTO EN FILETES DE TRUCHA. *repositorio.lamolina.edu.pe*. [En línea] 2020. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4345>.
22. **Yepes Piqueras, Víctor.** ¿QUE ES LA METODOLOGIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA? *Universidad Politecnica de Valencia*. España : s.n., 2016.
23. **Otzen, Tamara y Manterola, Carlos.** TECNICAS DE MUESTREO SOBRE UNA POBLACION A ESTUDIO. Chile : *Int. J. Morphol*, 2017. Vol. 35.
24. **Wikipedia.org.** Wikipedia.org. VALOR P. [En línea] 29 de Octubre de 2021. [https://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_p](https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_p).
25. **Chegg Study.** CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO. [En línea] 2003. [Citado el: 10 de Setiembre de 2021.] <https://www.chegg.com/homework-help/definitions/optimum-moisture-content-8>.

## ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La utilización del polímero en el diseño de mezcla influye significativamente en el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p>	<p><b>VARIABLES:</b></p> <p><b>VI: Polímero en la mezcla del material</b></p> <p>DIMENSIONES</p> <p>SOLIDRY C444</p>	<p><b>DIMENSIÓN Y PESO DE LA MUESTRA CIRCULAR YA COMPACTADA</b></p> 
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>A.</b> ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?</p> <p><b>B.</b> ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?</p> <p><b>C.</b> ¿Cuál es el efecto del polímero en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>A.</b> Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p> <p><b>B.</b> Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p> <p><b>C.</b> Determinar el efecto del polímero en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p><b>A.</b> El polímero influye significativamente en la mezcla del material para la resistencia a la compresión simple del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p> <p><b>B.</b> El polímero influye significativamente en la mezcla del material para la absorción capilar del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p> <p><b>C.</b> El polímero influye significativamente en la mezcla del material para las propiedades físicas del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p>	<p>INDICADORES</p> <p>Dosificación del componente sólido.</p> <p>Dosificación del componente líquido.</p> <p><b>VD: Tratamiento superficial del piso</b></p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Resistencia</p> <p>Propiedades físicas</p> <p>Durabilidad</p> <p>INDICADORES</p> <p>Resistencia a la compresión simple.</p> <p>Contenido de humedad.</p> <p>Densidad seca.</p> <p>Absorción capilar.</p>	<p><b>MUESTRAS:</b></p> <p>11 muestras para la Fase 1.</p> <p>12 muestras para la Fase 2.</p> <p>22 muestras para la Fase 3.</p> <p>Total, muestras de la tesis: 45</p>
		<p><b>HIPÓTESIS NULA</b></p> <p>La utilización del polímero en el diseño de mezcla no influye significativamente en el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu.</p>		

## Anexo 02. Tabla de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
<b>Variable independiente:</b> Polímero en la mezcla del material	Los polímeros son macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (conocidas como monómeros) que se repiten a lo largo de toda la cadena (2).	Se medirá el porcentaje del polímero (Solidry y/o C-444) en la mezcla mediante las dosificaciones.	Solidry	Dosificación del componente solido	g	Razón
			C-444	Dosificación del componente liquido	g	
<b>Variable dependiente:</b> Tratamiento superficial del piso	Es un proceso de fabricación que se realiza para dar características determinadas a la superficie de un piso.	Este tratamiento se medirá tomando en cuenta la resistencia a la compresión simple, propiedades físicas y durabilidad.	Resistencia	Resistencia a la compresión simple	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Propiedades Físicas	Contenido de humedad	Porcentaje	
				Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	
Durabilidad	Absorción capilar	mm				

## Anexo 03. Autorización para Realizar Extracción de Material de las Canteras



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Universalización de la Salud"

Cusco, 13 de Abril del 2020

**OFICIO N° 000521-2020-DDC-CUS/MC**

Señor(a):

**IRISHKA ALEXANDRA SATO MUJICA**  
**URB JOSE CARLOS MARIATEGUI D-41,CUSCO-CUSCO-WANCHAQ**  
**CELULAR: 959402368**

**CUSCO.-**

**Asunto : RESPUESTA A SOLICITUD DE BRINDAR AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE LAS CANTERAS DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO NACIONAL DE MACHUPICCHU, CON FINES CIENTÍFICOS Y EXPERIMENTALES**

**Referencia : Expediente N° 202022361**

De mi mayor consideración:

Con atento saludo, me dirijo a usted, en relación al documento de la referencia mediante el cual, solicita brindar autorización para realizar extracción de material de las canteras del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, con fines científicos y experimentales.

Al respecto, se emite el Informe N° 000201-2020-PANM/MC del encargado del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, donde en función a su solicitud manifiesta lo siguiente:

- El material o la arcilla al que hace mención su petición, son adquiridos por el Ministerio de Cultura de las "canteras" de Rumira-Ollantaytambo, y son trasladados por línea férrea hasta el puente Ruinas km 111.5 Machupicchu.
- La arena fina, material extraído por nuestro personal de conservación y mantenimiento de la *Llaqta* de Machupicchu, de las playas del Río Urubamba, a la altura del puente Ruinas - frente al Museo de Sitio "Manuel Chávez Ballón".
- La arena gruesa, igualmente es acopiada por el personal de conservación y mantenimiento, del borde o cunetas del acceso carretero Hiram Bingham, en este acceso se tiene varios pozos colectores de material abrasivo, donde se han acumulado por el arrastre de las escorrentías.
- El material limo, se extrae cuando la arcilla es remojada y batida constantemente, los granos de arcilla se van convirtiendo cada vez más pequeños hasta convertirse en partículas.

Por tanto, con la recolección de dichos materiales, se efectúan los trabajos de conservación de la *Llaqta*, los mismos que son externos y su acopio no altera el patrimonio cultural por no pertenecer a las estructuras de carácter patrimonial.

Por lo expresado, se opina por la procedencia de atender su solicitud, previa coordinación de inicio de trabajos con el encargado del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu y con la aclaración de que, para la recolección de las muestras será



PERÚ

Ministerio de Cultura

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE  
CULTURA - CUSCO

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA  
DE CULTURA - CUSCO

*"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"*  
*"Año de la Universalización de la Salud"*

bajo la supervisión de un personal de la Coordinación de Conservación del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, además con la recomendación que al finalizar los trabajos científicos y experimentales se deberá entregar una copia del trabajo a la dependencia del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu a través de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco, considerando los créditos para esta entidad al habersele otorgado las facilidades para realizar el estudio.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

**FREDY DOMINGO ESCOBAR ZAMALLOA**  
DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE CULTURA - CUSCO

C.C. 30196  
DDC-CUS  
#FACCO/10M/18

## Anexo 04. Informe Técnico del Sistema CONSOLID

### INFORME TÉCNICO SISTEMA CONSOLID

#### 1.1. Principio y descripción

El Sistema de impermeabilización y estabilización química de suelos CONSOLID está formado por dos productos: un polvo granulado de nombre comercial SOLIDRY, y un líquido semi viscoso de nombre comercial CONSOLID 444.

El sistema impermeabiliza los suelos tratados, así como aumenta la capacidad portante de los mismos.

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

#### 1.2 Materiales y componentes

##### 1.2.1 SOLIDRY CONCENTRADO

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

Tabla No. 1. Caracterización química del SOLIDRY CONCENTRADO.

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

Tabla No. 2. Características técnicas del SOLIDRY CONCENTRADO.

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

### 1.2.2 CONSOLID 444 CONCENTRADO

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

Tabla No. 3. Caracterización química del CONSOLID 444 CONCENTRADO.

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

Tabla No. 4. Características técnicas CONSOLID 444 CONCENTRADO.

Características	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	líquido
Color	-	amarillo
Olor	-	característico
Punto de inflamación	°C	41
Presión a vapor a 20°C	hPa	23
Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	0.98-1.00
Solubilidad en agua	-	completa
Valor (100g/l) a 20°C	-	1.5-5

### 1.3 Fabricación

Los productos que componen el Sistema se fabrican a partir de productos concentrados manufacturados y embarcados desde BUSSETTI & Co. GesmbH, Austria (CONSOLID) y desde KAO CORPORATION S.A., España (SOLIDRY) a sus distribuidores autorizados en el mundo, para a partir de ellos obtener los productos finales del sistema.

BUSSETTI & Co. GesmbH presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de auxiliares químicos industriales con número de registro 01530138 otorgado por el cuerpo de certificación TUV.

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

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

Todo tipo de suelos cohesivos  
pueden ser tratados con el sistema  
CONSOLID

Todo tipo de suelos cohesivos pueden ser tratados con el Sistema CONSOLID.

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

#### **1.4.1 Composición óptima del suelo a tratar**

Aquí deben aplicarse los criterios físicos normales de clasificación de suelos, cuánto mejor sea su composición granulada, más alta será la estabilización mecánica del suelo. Una granulación desfavorable o una sobre medida de cierta fracción puede ser mejorada mezclando con otros suelos disponibles en el lugar a modo de alcanzar un mejor estado inicial para la estabilización mecánica. Cuanto mejor sea el punto inicial respecto a la capacidad de soporte, mejor será el efecto del tratamiento con el Sistema CONSOLID con las mismas cantidades de aditivos.

La principal efectividad del Sistema CONSOLID apunta a una influencia sobre los finos de un suelo, ya que estos son los principales responsables de su inestabilidad, pero después del tratamiento se transforman en ligantes naturales; mientras que la parte gruesa no causa problemas. Dado que se apunta a lograr un suelo más denso, los contenidos de finos (arcilla, sedimento) no deberían ser menores al 20 o 30 % para obtener una estabilidad mecánica satisfactoria. El máximo de material fino, especialmente greda, está dado por la capacidad de mezclado del suelo. En este caso, se requiere agregar material arenoso o grueso para que el suelo sea trabajable. Por el contrario, si se quiere tratar suelos no-cohesivos como la arena, debe agregársele la cantidad necesaria de suelo cohesivo.

El suelo a tratar debe ser incorporado siempre en su Proctor óptimo o apenas por encima pero nunca con contenidos de humedad demasiado bajos. El Sistema CONSOLID libera el agua adherida facilitando la compactación, especialmente en suelos que contienen grava o rocas. La compactación va en continuo aumento debido al tránsito, aún si la compactación inicial se ha realizado con humedades demasiado altas. Este efecto de compactación ya no puede ser afectado por el proceso destructivo del suelo que se hincha cuando absorbe agua (sobre todo ante la presencia de heladas); la densidad aumenta constantemente; el efecto del Sistema CONSOLID es permanente.

El Sistema CONSOLID puede ser de gran ayuda incluso en el caso de pantanos. Estos suelos contienen a menudo un alto contenido de sedimentos y son extremadamente sensibles a la absorción del agua y por tanto adecuados para el tratamiento con el Sistema CONSOLID.

Por supuesto que se deberá elaborar todo un proyecto adecuado a las circunstancias: con su drenaje respectivo, la construcción de un terraplén (al menos un metro por encima del nivel del agua), compactación de la subrasante, etc.

#### **1.4.2 Aplicación**

La mezcla del suelo con los aditivos del Sistema CONSOLID puede realizarse en el mismo lugar de la aplicación. Sin embargo, el Sistema brinda la posibilidad de mezclar los productos y el suelo a tratar en cualquier tipo de planta mezcladora y ser almacenado en espera de su demanda.

Para que la aplicación sea totalmente satisfactoria, hay que tener en cuenta la composición del suelo a estabilizar, la mejor composición para un muy buen resultado es:

- 1/3 arcilla y limo
- 1/3 arena y pequeña grava
- 1/3 piedras trituradas
- El suelo debe contener, al menos, del 20% al 25% de arcilla

La forma más común de aplicación consiste en el mezclado en el mismo lugar de la construcción.

Primero se acostumbra a desmenuzar o remover el terreno a una profundidad de 25 cm y luego se aplica el SOLIDRY. La dosis a aplicar es de 12 a 20 kgs/m<sup>3</sup>, siendo la estándar de 16 kgs/m<sup>3</sup>.

Se mezcla todo bien hasta obtener una buena homogenización del terreno. Luego se aplica el CONSOLID Líquido también a una profundidad de 25 cm. La dosis a aplicar es de 0,6 a 0,8 litros/m<sup>3</sup>, siendo la estándar de 0,8 litros/m<sup>3</sup>.





INTERNATIONAL FIRST CERTIFICATION

# CERTIFICATE

This Certificate,

**CONSOLID CONSTRUCTION CONTRACTING CHEMICAL PRODUCTS  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES INDUSTRY INVESTMENT OVERSEAS TRADE  
INCORPORATED COMPANY**  
CC NO: 3891522535421112 TAX NO: 2110317799  
INDUSTRIAL REGISTRATION NO: TR 741858

ANTALYA PORT FREE TRADE ZONE 4 STR. NO:33 07070 KONYAALTI / ANTALYA / TURKEY

to do organization,

MANUFACTURING OF CHEMICAL PRODUCTS – CONSTRUCTION CHEMICALS  
SOLIDRY NANO GROUND STABILIZER - CONSOLID 444 NANO GROUND STABILIZER  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES – NANO MINING PRODUCTS  
CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE – UPPER CONSTRUCTION – TRANSPORTATION PROJECTS  
ENGINEERING - GROUND CONSOLIDATION & CONTRACTING SERVICES

EA 12, 28 According to the scope,

## ISO 9001:2015

To certify that Quality Management System in accordance with standard's clauses is established and being implemented.



Initial Date	: 15.12.2019
Issue Date	: 15.12.2019
Date of Validity	: 3Year/ 14.12.2022
Expiry Date	: 15.12.2020
Certificate No	: IFC-Q-12-19-1-5732-1



ACCREDITED  
Management  
System  
CERTIFICATION BODY

MSCB-170-412-4

Approval

IFC GLOBAL SERTİFİKASYON MÜHÜR VE EĞİTİM HİZMETLERİ ANONİM ŞİRKETİ  
Akademi Mah. Maras Str. No:392203 - Pullen Tower 3 Beşiktaş, İstanbul, TÜRKİYE T: +90 010 304 35 08 F: +90 050 304 35 08  
www.ifcglobal.com.tr info@ifcglobal.com.tr



INTERNATIONAL FIRST CERTIFICATION

# CERTIFICATE

This certificate,

**CONSOLID CONSTRUCTION CONTRACTING CHEMICAL PRODUCTS  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES INDUSTRY INVESTMENT OVERSEAS TRADE  
INCORPORATED COMPANY**

**CC NO: 3891522535421112 TAX NO: 2110317799**

**INDUSTRIAL REGISTRATION NO: TR 741858**

**ANTALYA PORT FREE TRADE ZONE 4 STR. NO:13 07070 KONYAALTI / ANTALYA / TURKEY**

to do organization,

**MANUFACTURING OF CHEMICAL PRODUCTS – CONSTRUCTION CHEMICALS  
SOLIDRY NANO GROUND STABILIZER - CONSOLID 444 NANO GROUND STABILIZER  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES – NANO MINING PRODUCTS  
CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE – UPPER CONSTRUCTION – TRANSPORTATION PROJECTS  
ENGINEERING - GROUND CONSOLIDATION & CONTRACTING SERVICES**

EA 12, 28 According to the scope,

## ISO 45001:2018

To certify that Occupational Health and Safety Management System in accordance with standard's clauses is established and being implemented.



Initial Date	: 15.12.2019
Issue Date	: 15.12.2019
Date of Validity	: 3 Year / 14.12.2022
Expiry Date	: 13.12.2020
Certificate No	: IFC-O-12-19-4-5732-1

approval



INTERNATIONAL FIRST CERTIFICATION

# CERTIFICATE

This certificate,

**CONSOLID CONSTRUCTION CONTRACTING CHEMICAL PRODUCTS  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES INDUSTRY INVESTMENT OVERSEAS TRADE  
INCORPORATED COMPANY  
CC NO: 3891522535421112 TAX NO: 2110317799  
INDUSTRIAL REGISTRATION NO: TR 741858**

ANTALYA PORT FREE TRADE ZONE 4 STR. NO:13 07070 KONYAALTI / ANTALYA / TURKEY

to do organization,

**MANUFACTURING OF CHEMICAL PRODUCTS – CONSTRUCTION CHEMICALS  
SOLIDRY NANO GROUND STABILIZER - CONSOLID 444 NANO GROUND STABILIZER  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES – NANO MINING PRODUCTS  
CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE – UPPER CONSTRUCTION – TRANSPORTATION PROJECTS  
ENGINEERING - GROUND CONSOLIDATION & CONTRACTING SERVICES**

EA 12,28 According to the scope,

## ISO 10002:2018

To certify that Customer Satisfaction Management System in accordance with standard's clauses is established and being implemented.



Initial Date	: 15.12.2019
Issue Date	: 15.12.2019
Date of Validity	: 3 Year 14.12.2022
Expiry Date	: 13.12.2020
Certificate No	: IFC-C-12-19-I-5732-1

Approval



INTERNATIONAL FIRST CERTIFICATION

# CERTIFICATE

This certificate,

**CONSOLID CONSTRUCTION CONTRACTING CHEMICAL PRODUCTS FOOD TOURISM  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES INDUSTRY INVESTMENT OVERSEAS TRADE  
INCORPORATED COMPANY**

**CC NO: 3891522535421112 TAX NO: 2110317799**

Antalya Free Trade Zone (Port Antalya) 4. Str. No:13 07070 Konyaaltı - ANTALYA - TURKEY

to do organization,

**MANUFACTURING OF CHEMICAL PRODUCTS – CONSTRUCTION CHEMICALS – SOIL STABILIZERS  
CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE PROJECTS – UPPER CONSTRUCTION – TRANSPORTATION  
PROJECTS  
ENGINEERING & CONTRACTING SERVICES**

EA 12,28 According the scope,

## OHSAS 18001:2007

To certify that Occupational Health and Safety Management System in accordance  
with standard's clauses is established and being implemented.



Initial Date	: 1.12.2018
Issue Date	: 1.12.2018
Date of Validity	: 3 year/ 30.11.2021
Expiry Date	: 30.11.2019
Certificate No	: IFC-Q-12-18-I-5732

Approval



## FPC / FACTORY MANUFACTURING CONTROL CERTIFICATE

305/2011/EU BUILDING MATERIALS DIRECTIVE

**Manufacturer:** CONSOLID CONSTRUCTION CONTRACTING CHEMICAL PRODUCTS INNOVATIVE  
TECHNOLOGIES INDUSTRY INVESTMENT OVERSEAS TRADE INCORPORATED COMPANY

**Address:** ANTALYA PORT FREE TRADE ZONE 4. STR. NO 13 37070 KONYAALTI / ANTALYA / TURKEY

**Phone:** +90 242 290 25 55

**Web / E-mail:** info@consolid.com.tr www.consolid.com.tr

**CC No:** 389 1222535421112

**Tax No. 2:** 10317789

**Industrial Registration No:** TR 741050

### Declaration

Have been submitted in accordance with the applicable requirements of Directive Product Class 305/2011/AB relating to "Construction Products" to the initial inspection of the factory production control (FPC). As the results of the performed inspection comply with the requirements of the following harmonized standard.

EN 934-2: 2009+A1

### Product Name

SOLIDRY NANO GROUND STABILIZER (POWDER) – CONSOLID 444 NANO GROUND STABILIZER  
(LIQUID)

### Product Brand



### Directives

Building Materials Directive (305/2011/EU)

### Harmonised Standards

TS EN 934-2:2009+A1 Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling

Certificate No : 2020-2459  
Certificate Date : 15.01.2020  
Certificate Expiration Date : 15.01.2025

**Accredited System Certification Approval**



European  
Commission

IFC Global Serifikasyon Müşavere ve Eğitim Hizmetleri Anonim Şirketi  
Adıkt Marabul Mahallesi Bulvarı No:390203 Fethiye/Tavas/Bayraktepe/24R  
Tel/Faks: 0850 304 35 60 www.ifcoba.com.tr

CERTIFICATE / ZERTIFIKAT / СЕРТИФИКАТ / СЕРТИФИКАТО / CERTIFIKAT / CERTIFIKAT

# SERTİFİKA

CERTIFICATE 证书 ZERTIFIKAT प्रमाण-पत्र CERTIFICATO

## Conformity Certificate of Factory Production Control

Certificate No : 1984-CPD-08 001

This is the certify that the factory production control of

SOLIDRY CONCENTRATE - SOLIDRY FINAL PRODUCT - SOLIDRY SOIL STABILIZER  
CONSOLID 444 CONCENTRATE - CONSOLID 444 FINAL PRODUCT - CONSOLID 444 SOIL STABILIZER

CONSOLID İNŞAAT TAR.ORM.İ. DİY.TUR.N. TEM.N. TURİZM GIDA  
YATIRIM DANIŞMANLIK SANAYİ VE DİŞ TİC. LTD.ŞTİ.

PRODUCTION SITE  
KIRKOĞUZ MEVKİ - DÖŞEMEALTI - YENİÖY / ANTALYA / TÜRKİYE

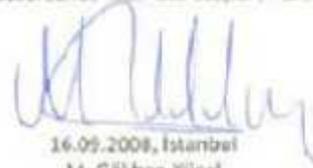
Have been submitted in accordance with the applicable requirements of Directive 89/106/CEE relating to "Construction Products", to the Initial inspection of the factory production control(FPC).

As the results of the performed inspection comply with the requirements of the following harmonized Standard.

EN 934-2 :2001

*This certificate authorizes the manufacturer to mark products in accordance with the scope of the above mentioned standard with the following symbol.*

MEYER  
**CE**  
1984



16.09.2008, İstanbul  
M. Gökhan Yücel  
Managing Director

*The validation of certificate depends on the results of the factory production control audits carried out MEYER Co. Ltd. at least once a year; the manufacturer with reference to the technical specifications lodged and published (design, materials, manufacturing procedures), must immediately inform MEYER Co. Ltd. about any changes made to the product.*



MEYER INTERNATIONAL CONFORMITY ASSESSMENT SERVICES CO. LTD.  
İTOSB 9. Cad. No:15 Tepeören-Tuzla / İSTANBUL-TURKEY  
Tel.: +90 216 593 25 75 , Faks: +90 216 593 25 74  
Web: <http://www.meyer-gen.tr> , e-mail: [posta@meyer-gen.tr](mailto:posta@meyer-gen.tr)

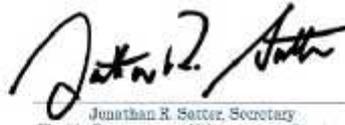


*State of Florida*  
**Minority Business Certification**

**Consolid USA INC**

Is certified under the provisions of  
287 and 295.187, Florida Statutes, for a period from:

01/17/2020 to 01/17/2022



Jonathan R. Setter, Secretary  
Florida Department of Management Services



Office of Supplier Diversity  
4050 Esplanade Way, Suite 380  
Tallahassee, FL 32309  
850-487-0915  
[www.dms.myflorida.com/osd](http://www.dms.myflorida.com/osd)

Osceola County Board of County Commissioners  
Minority, Women, Service Disabled Veteran Business Enterprise

This certificate validates reciprocal certification for

**Consolid USA Inc**

Per certification with

State of Florida Office of Supplier Diversity

Valid from: 2/11/2020 to 1/17/2022



*[Signature]*  
Supplier Development

*[Signature]*  
Date

Procurement Services  
Supplier Development  
1 Courthouse Square, Suite 2300  
Kissimmee, FL 34741  
Phone: 407-742-0900  
Fax: 407-742-0901  
[www.osceola.org](http://www.osceola.org)



281172  
27121024 04

DEPARTMENT OF THE ARMY  
NEW ORLEANS DISTRICT, CORPS OF ENGINEERS  
P. O. BOX 80887  
NEW ORLEANS, LOUISIANA 70180-0887

January 13, 1995

Engineering Division  
General Levees Section

Mr. Paul K. Raiford, Sr.  
President, American Consolid, Inc.  
501 East 32nd Street  
Davenport, Iowa 52803

Dear Mr. Raiford:

Reference is made to your letter, dated December 14, 1994, addressed to Mr. Pille of my staff regarding the condition of the Mississippi River levee crown in Gretna, Louisiana.

On December 12, 1994, Mr. Pille met with Mr. Al Bantz of your organization on site to observe the condition of the crown where the CONSOLID System was used to treat the upper 10 inches of the levee embankment, prior to placing the asphalt chip seal surfacing. Mr. Pille informed Mr. Bantz that the crown road is in excellent shape and shows no sign of deterioration or breakdown of the CONSOLID base since its placement approximately 3 years ago.

We will continue to offer the system as an optional base treatment material for use under an asphalt chip seal surfacing on levee crowns.

I trust this satisfies your request. If we can be of any further assistance, please advise.

Sincerely,

  
W. Eugene Tickner  
Chief, Engineering Division



Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

REPUBLICA DEL ECUADOR  
SUBSECRETARIA DE VIALIDAD  
DIRECCION DE GESTION VIAL DESCENTRALIZADA

### CERTIFICACIÓN TÉCNICA

A Petición verbal de los representantes del Producto para vialidad Consolid, certifico que el producto propuesto Consolid y Solidry estabiliza e impermeabiliza y aumenta su capacidad portante de los suelos en los caminos vecinales para su mejoramiento o rehabilitación, como se ha demostrado.

Para lo cual es necesario realizar los ensayos de laboratorio de CBR, humedad optima, granulometría, permeabilidad, densidades antes y después de la reconstrucción o rehabilitación para determinar su beneficio y rapidez en el trabajo.

Sin necesidad de aumentar la capa de espesor de la subrasante existente se produce un ahorro notable de material de mejoramiento y transporte del material pétreo, cumpliendo con las Especificaciones Técnicas para construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F-2002 en vigencia.

Quito, 4 de Octubre de 2008

Atentamente,

Ing. Benigno Cruz Chang  
Supervisor Vial de la Dirección de  
Gestión Vial Descentralizada



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

SERVICIO PROVINCIAL DE BADAJOZ  
PLAZA DE CASTELAR 3 - TELÉF. 2208 40-41-42

EN REP  
ASUNTO:

EN EXENTO

JRC/MA

DON JESUS PISGA QUINTANILLA, Doctor Ingeniero de Montes, Ingeniero Jefe de la Brigada del Cijara:

**CERTIFICADO:** Que en los trabajos realizados para la reparación y consolidación del firme del Camino Forestal del Cijara, de 32 Kilómetros de longitud, se ha utilizado los productos Consolid 444 y Causervex mezclados con tierras de préstamo de los toludes del camino.

El resultado al año de su realización es satisfactorio, comprobándose un buen comportamiento a los agentes externos y la fiabilidad de las especificaciones de los productos.

Y para que conste, expido la presente en Badajoz, a veintidós de Mayo de mil novecientos setenta y ocho.-



### REFERENCE LETTER

As a representative of Hungarian subsidiary of OHL ŽS a.s. (1097 Budapest, Gyáli út 3/b) I officially certify that CONSOLID Kft.(2600 Vác , Derecske dőlő 1.) has carried out waterproof protective layer on railway line section nr. 311-90-485+38,544 track "I" (right side) from Mezőtúr to Gyoma / in eastern part of Hungary / applying Consolid technology on a surface of 103.482,20 m<sup>2</sup>.

Construction period: 20.03.2009.- 19.09.2009.

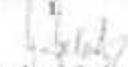
Project manager: Ing. Imrich Antal (tel.+36 30 633 5850 )  
Managing director of contractor: Tibor Csáki (tel: +36 307 259, +36 30 952 5441)

CONSOLID Talajstabilizáló és Szolgáltató Kft. as contractor has carried out all working activities – mentioned above – in compliance with the contract, by the established deadline, and in accordance with the technical, environmental, as well as work safety specifications. Both the investor and operator evaluated the established installation appropriate for its intended use. In the recent period no malfunction or failure has been detected in connection with the established installation.

Budapest, 16.03.2010.

Stamp

OHL ŽS, a.s. Magyarországi Fióktelepe  
1097 Budapest, Gyáli út 3/b.  
Adószám: 22207762-2-43  
Közlekedési azonosító: HU 22207762

  
Ing. Imrich Antal  
Project manager

Hungarian subsidiary of OHL ŽS a.s. 1097 Budapest, Gyáli út 3/b fax +36 (62) 321-774  
Tax nr. 22207762-2-43 EU tax nr. HU22207762

OHL ŽS, a.s. Magyarországi Fióktelepe, 1097 Budapest, Gyáli út 3/b, fax +36 (62)321-774  
Adószám: 22207762-2-43, Közlekedési azonosító: HU22207762







## INFORME n° 195014592

### TEST DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO EN PLANTAS OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS "Terrestrial plants, Growth Test" N° 208.

#### 1. PLANTA D'EXPERIMENTACIO

Especies : Herbáceas : Rye gras (Hierba raygras), Radish Raphanus sativas (Rábano) Tubérculos y Leguminosas: Mung Bean (Guisantes)

#### 2. CONDICIONES DE EXPERIMENTACIÓN

Duración test : 14 días.  
Temperatura : 22° +/- 2°.  
Iluminación: 12 horas.  
Calidad del agua de riego: pH =7.0 i duresa 167,94 mg/l.  
2 Replicas de 10 semillas por especie.

#### 3. CONCENTRACIONES ENSAYADAS

Blanco ( 100% Tierra de jardín ).  
0,1 % = 0,3g de muestra sólida Solidry + 0,375 ml de preparado liq. Consolid 444 + 300 g de tierra.  
**0,8% = 2,4g de muestra sólida Solidry + 3 ml de preparado liq. Consolid 444 + 300 g de tierra.**  
1 % = 3g de muestra sólida Solidry + 3,75 ml de preparado liq. Consolid 444 + 300 g de tierra.  
2,5 % = 7,5g de muestra sólida Solidry + 9,375 ml de preparado liq. Consolid 444 + 300 g de tierra.  
5 % = 15g de muestra sólida Solidry + 18,75 ml de preparado liq. Consolid 444 + 300 g de tierra.

\* **La muestra encuadrada es la dosis que se aplica en la realidad para su uso en caminos Rurales (Por cada Kg de tierra se añade 8 g de Solidry + 0,4 ml de Consolid 444)**

\* Preparación proporción líquido Consolid 30ml de Consolid en 750 ml de agua.

#### 4. TIPO DE MUESTRA ENSAYADA

Referencia producto: Sólido Solidry + Líquido Consolid 444  
Referencia Tecnoambiente, S.L. : 10010152

ACREDITACIÓN POR LA AGENCIA CATALANA DE L'ANÀLISI QUÍMICA AL ACRÈDITACIÓ PER LA AGENCIA DE REGIONS DE CATALUNYA I PER EL DEPARTAMENT D'AMBIENT I TERRA, INNOVACIÓ I PESCA, ENTENEDOR COL·LABORACIÓ DEL DEPARTAMENT D'AMBIENT I TERRA I DEPARTAMENT D'ENERGIA I AERONÀUTICA I ESPACI DEL GOVERN DE CATALUNYA. ENTENEDOR COL·LABORACIÓ DEL DEPARTAMENT DE MEDIOS AMBIENT, GRUP DE CERTIFICACIÓ MIPRA UNE-EN ISO 9001:2000 E ISO 14001:1996. ACREDITACIÓ SEGUN NORMA UNE-EN-ISO/IEC 17025. DECLARACIÓ DE ACRREDITACIÓ 010/01/2012.

PO:  
TECNOAMBIENTE S.L.  
C/ Indústria, 550 552 - 08115 Badalona (Barcelona)









## Anexo 07. Fichas de Validación del Instrumento Granulometría

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Mgt. Cesar Edilberto Arbulú Jurado

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### I. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Mgt. Cesar Edilberto Arbulú Jurado
Cargo e institución donde labora	Docente Universidad Andina del Cusco (pregrado). Docente Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (posgrado).
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de granulometría
Objetivo del instrumento	El objetivo determinar cuantitativamente la distribución por tamaños de partículas de los materiales: tierra, cuarzo y limo.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
**CESAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 115764

MGT. CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS  
JUICIO DE EXPERTO**

Estimado Especialista: ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA**

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesisista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### I. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ
Cargo e institución donde labora	Supervisor de obra – Municipalidad Provincial del Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de granulometría
Objetivo del instrumento	El objetivo determinar cuantitativamente la distribución por tamaños de partículas de los materiales: tierra, cuarzo y limo.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### II. Criterios de validación del instrumento

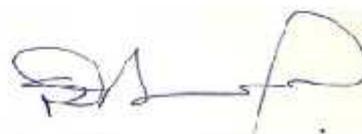
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responder a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$



ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### **Formato de Validación de Criterios de Expertos**

#### I. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani
Cargo e institución donde labora	Responsable del monitoreo geológico geodinámico de la Llaqta de Machupicchu – Dirección Desconcentrada De Cultura Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de granulometría
Objetivo del instrumento	El objetivo determinar cuantitativamente la distribución por tamaños de partículas de los materiales: tierra, cuarzo y limo.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	NINGUNA
<b>TOTAL</b>			<b>2</b>	<b>8</b>	

#### III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
 Ruth Verónica Ttito Mamani  
 Ing. GEÓLOGO  
 CIP N° 125105

ING. RUTH VERONICA TTITO MAMANI

## Anexo 08. Fichas de Validación del Instrumento Resistencia a la Compresión Simple

### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Mgt. César Edilberto Arbulú Jurado

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

**Formato de Validación de Criterios de Expertos**

**IV. Datos Generales**

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Mgt. César Edilberto Arbulú Jurado
Cargo e institución donde labora	Docente Universidad Andina del Cusco (pregrado). Docente Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (posgrado).
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple
Objetivo del instrumento	El objetivo es hallar la capacidad máxima de resistencia de un suelo que fue tratado con diferentes dosificaciones de polímero.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

**V. Criterios de validación del instrumento**

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

**VI. Coeficiente de Validez**

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
**CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 115764

MGT. CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**  
**JUICIO DE EXPERTO**

Estimado Especialista: ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE**

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesisista: Iroshka Alexandra Sato Mujica  
D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### IV. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ
Cargo e institución donde labora	Supervisor de obra – Municipalidad Provincial del Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple
Objetivo del instrumento	El objetivo es hallar la capacidad máxima de resistencia de un suelo que fue tratado con diferentes dosificaciones de polímero.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### V. Criterios de validación del instrumento

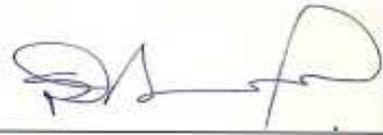
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### VI. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
 \_\_\_\_\_  
 ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

2. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### IV. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani
Cargo e institución donde labora	Responsable del monitoreo geológico geodinámico de la Liaqta de Machupicchu – Dirección Desconcentrada De Cultura Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de resistencia a la compresión simple
Objetivo del instrumento	El objetivo es hallar la capacidad máxima de resistencia de un suelo que fue tratado con diferentes dosificaciones de polímero.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### V. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		NINGUNA
<b>TOTAL</b>			<b>2</b>	<b>8</b>	

#### VI. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
 Ruth Verónica Ttito Mamani  
 Ing. GEÓLOGO  
 CV N° 135715

ING. RUTH VERONICA TTITO MAMANI

## Anexo 09. Fichas de Validación del Instrumento Absorción Capilar

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Mgt. César Edilberto Arbulú Jurado

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ABSORCIÓN CAPILAR

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

3. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### VII. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Mgt. César Edilberto Arbulú Jurado
Cargo e institución donde labora	Docente Universidad Andina del Cusco (pregrado). Docente Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (posgrado).
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de absorción capilar
Objetivo del instrumento	El objetivo es comprobar el grado de permeabilidad.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### VIII. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### IX. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
**CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 115764

MGT. CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

3. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Título del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### VII. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ
Cargo e institución donde labora	Supervisor de obra – Municipalidad Provincial del Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de asencion capilar
Objetivo del instrumento	El objetivo es comprobar el grado de permeabilidad.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### VIII. Criterios de validación del instrumento

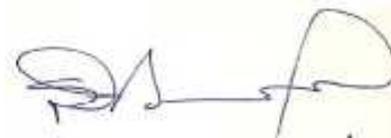
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### IX. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$



ING. STEVE NILTON LUNA GUTIERREZ

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### JUICIO DE EXPERTO

Estimado Especialista: Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento de recolección de datos:

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

Le presento la matriz de consistencia y operacionalización de variables para la revisión respectiva del proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo ( )      2. Cuantitativo ( X )      3. Mixto ( )

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto:

Titulo del proyecto de tesis:	Efecto del polímero en la mezcla del material para el tratamiento superficial del piso de los circuitos de tránsito peatonal del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu - Cusco 2021
Línea de investigación:	Ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos y la conservación del patrimonio cultural.

Dicho trabajo tiene como Asesor del proyecto de tesis al Ma. Ing. Jorge Ticlla Rivera

De antemano le agradezco sus aportes.

Lima, 26 de abril del 2021

Tesista: Iroshka Alexandra Sato Mujica

D.N.I: 72950343

### Formato de Validación de Criterios de Expertos

#### VII. Datos Generales

Fecha	26 de abril del 2021
Validador	Ing. Ruth Verónica Ttito Mamani
Cargo e institución donde labora	Responsable del monitoreo geológico geodinámico de la Llaqta de Machupicchu – Dirección Desconcentrada De Cultura Cusco
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos de asencion capilar
Objetivo del instrumento	El objetivo es comprobar el grado de permeabilidad.
Autor(es) del instrumento	Iroshka Alexandra Sato Mujica

#### VIII. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	NINGUNA
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	NINGUNA
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	NINGUNA
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	NINGUNA
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	NINGUNA
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	NINGUNA
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	NINGUNA
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	NINGUNA
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	NINGUNA
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	NINGUNA
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>	

#### IX. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 10/30 = 0.33$$

  
 Ruth Verónica Ttito Mamani  
 Ing. GEÓLOGO  
 E.I. N° 138703

ING. RUTH VERONICA TTITO MAMANI

## Anexo 10. Informe de Resultados del Laboratorio

# CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

## Informe 102-CEAJ-2021

Informe de resultado de laboratorio:

Datos generales:

Solicitantes: Iroshka Alexandra Sato Mujica.

Fecha del ensayo: 01 de agosto al 30 de setiembre de 2021

Dirección del laboratorio: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

Muestreo, procedencia y manipulación del suelo hasta llegar al laboratorio: hecha por el solicitante.

Resultados:

Tabla 1.

Resultados de ensayos múltiples en la Primera Fase de experimentación.

NÚMERO	Tiene (%)	Limo (%)	Argila (%)	Cuenca (%)	TIERRA (g)	W (g)	AGUA (g)	CUARZO (g)	PESO (g)	PESO (g) + (g) VACÍO	MOLDE + MUESTRA (g)	CODIGO CAPSULA	PESO CAPSULA (g)	PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	w	Ds	Dh
N1	1.1	0.05	0.15	1	311	01	180	3	1205	1144	1211	11	11.3	31.7	31.4	13.6	1.81	1.83
N2	1.1	0.05	0.05	1	311	01	11	121	1205	1144	1414	17	11.1	31.3	31.3	12.1	1.77	1.82
N3	1.1	0.05	0.05	1	314	00	11	3	1205	1144	1411	1	11.4	31.7	31.3	12.4	1.73	1.82
N4	1	0.05	0.05	1.1	3	300	11	141	1205	1144	1445	11	11.3	31.3	31.3	12.5	1.82	2.01
N5	1	0.04	0.14	1.1	3	31	180	111	1205	1144	1434	17	11.4	31.4	31.3	12.4	1.82	2.12
N6	1.1	0.05	0.15	1	121	300	180	3	1205	1144	1511	11	11.3	31.4	31.3	11.3	1.80	1.87
N7	1	0.04	0.14	1.1	3	300	180	121	1205	1144	1474	11	11.1	31.3	31.3	11.7	1.85	2.10
N8	1.1	0.05	0.05	1.1	121	01	11	111	1205	1144	1411	11	11.3	31.3	31.3	12.1	1.78	1.84
N9	0.05	0.15	0.05	0.05	411	180	108	411	1205	1144	1411	11	11.1	31.3	31.3	11.7	1.85	2.02
N10	0.05	0.15	1	1.1	111	180	345	3	1205	1144	1511	14	11.3	31.7	31.3	11.3	1.71	1.85
N11	0.47	0.14	1	0.28	414	180	448	3	1205	1144	1411	17	11.2	31.3	31.3	11	1.79	1.81

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 115764

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Donde:

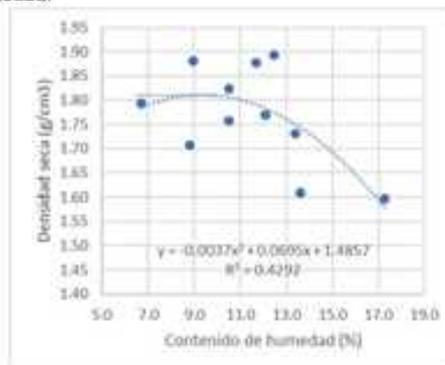
W: contenido de humedad.

Ds: Densidad seca del suelo.

Dh: Densidad húmeda del suelo.

Gráfico 1.

Gráfico densidad seca versus humedad.



Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

**Tabla 2.**

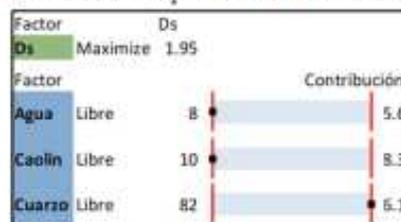
Resultados de ensayos múltiples en la **Segunda Fase** de experimentación.

Fin Name	Run Order	Incl/Excl	Agua (%)	Caolín (%)	Cuarzo (%)	Agua (g)	Caolín (g)	Arasa (g)	PESO MOLDE VACIO (g)	MOLDE + MUESTRA (g)	Peso de la muestra húmeda	Temperatura Húmeda	Contrao CAPSULA	PESO CAPSULA (g)	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	W%	Ds
N1	6	Incl	0.08	0.1	0.82	72	90	738	1744	2491	747.0	2.15		0	747	678	10.2	1.95
N2	2	Incl	0.08	0.1	0.82	72	90	738	1744	2502	758.0	2.18		0	758	682.6	11.0	1.96
N3	1	Incl	0.18	0.1	0.72	162	90	648	1744	2481	737.0	2.12	17	20.8	67.7	61.2	15.1	1.82
N4	5	Incl	0.08	0.32	0.6	72	288	540	1744	2436	692.0	1.99			692	628.9	10.6	1.81
NE	8	Incl	0.08	0.32	0.6	72	288	540	1744	2436	692.0	1.99			692	628.2	10.2	1.80
NE	9	Incl	0.18	0.22	0.6	162	198	540	1744	2442	699.0	2.01	27	21.1	69.1	62.4	21.4	1.65
N7	11	Incl	0.18	0.22	0.6	162	198	540	1744	2444	700.0	2.01	21	21.5	72.6	63.7	21.1	1.66
NE	7	Incl	0.08	0.21	0.71	72	189	639	1744	2508	764.0	2.19			764	687.3	11.2	1.97
N8	10	Incl	0.13	0.1	0.77	117	90	693	1744	2486	742.0	2.13			742	610.8	21.5	1.75
N10	3	Incl	0.13	0.27	0.6	117	243	540	1744	2464	720.0	2.07			720	616.1	16.9	1.77
N11	4	Incl	0.13	0.185	0.685	117	167	617	1744	2464	720.0	2.07			720	697.0	20.6	1.71

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

**Tabla 3.**

Resultados de la maximización de la densidad seca aplicando mínimos cuadrados parciales.



**CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 115764

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

**Tabla 4.**

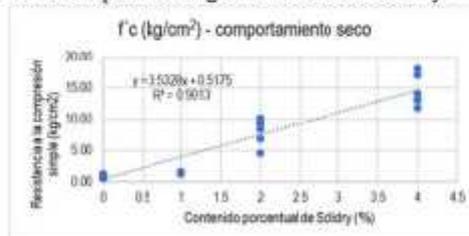
Resultados de ensayos múltiples en la **Tercera Fase** de experimentación.

Nombre	Or-dim	Sality (%)	Caolín (%)	BOULDER (g)	Caolín (g)	CAOLIN (g)	AGUA (g)	CUARZO (g)	PESO (g)	Wmole (g)	WmoleSh (g)	WmoleSh, hum. col.	Diam. sup (mm)	Diam. sup (mm)	Diam. prom (mm)	Alt. 1 (mm)	Alt. 2 (mm)	Alt. prom (mm)	Wmole, sec (g)	CARGA (kg)	Ds (g/cm³)	Ds (g/cm³)	w%	f <sub>c</sub> (kg/cm²)
N1	12	0	0	0	100	92	820	1012	1744	2457	713	61.73	61.48	61.61	121.2	114.17	117.99	696.9	20	2.03	1.96	3.8	0.57	
N2	10	0	0.5	0	4.6	100	92	820	1016.6	1744	2442	698	61.77	63.12	62.45	110.72	108.96	109.85	624.2	30	2.07	1.86	11.8	0.96
N3	13	4	0	36.8	0	100	92	820	1048.8	1744	2506	762	61.85	62.93	62.39	120.35	116.07	118.21	695.0	400	2.11	1.52	9.6	13.06
N4	15	4	0.5	36.8	4.6	100	92	820	1053.4	1744	2505	761	61.84	61.96	61.70	114.3	112.1	113.20	697.0	540	2.25	2.03	10.8	18.06
N5	2	2	0	18.4	0	100	92	820	1030.4	1744	2511	767	62.42	62.11	62.27	114.4	118.16	116.28	695.6	290	2.17	1.96	10.3	9.92
N6	17	2	0.5	18.4	4.6	100	92	820	1035	1744	2498	754	62.05	62.14	62.10	112.99	111.69	112.34	691.7	310	2.22	2.00	10.6	10.24
N7	1	0	0.25	0	2.3	100	92	820	1014.3	1744	2446	702	62.23	62.96	62.39	109.25	102.13	105.69	630.0	30	2.17	1.96	11.4	0.65
NE	4	4	0.25	36.8	2.3	100	92	820	1051.1	1744	2509	765	62.23	62.36	62.30	118.24	112.87	115.96	691.3	520	2.17	1.96	10.7	17.86
N8	8	2	0.25	18.4	2.3	100	92	820	1032.7	1744	2509	765	62.92	62.43	62.68	114.64	113.19	113.92	691.2	260	2.18	1.97	10.7	8.43
N10	5	0	0	0	0	100	92	820	1012	1744	2507	763	61.28	62.87	62.13	115.52	114.52	115.02	687.2	40	2.19	1.97	11.0	1.32
N11	9	0	0.5	0	4.6	100	92	820	1016.6	1744	2442	698	63.25	65.01	64.13	104.32	105.28	104.80	699.5	20	2.00	1.80	11.2	0.62
N12	18	4	0	36.8	0	100	92	820	1048.8	1744	2512	768	61.49	61.29	61.39	117.49	115.23	116.35	697.6	420	2.23	2.03	10.1	14.19
N13	14	4	0.5	36.8	4.6	100	92	820	1053.4	1744	2508	764	62.21	62.29	62.25	113.82	114.24	114.03	690.0	360	2.20	1.99	10.7	11.82
N14	3	2	0	18.4	0	100	92	820	1030.4	1744	2509	765	62.1	62.09	62.10	117.16	116.28	116.71	695.3	280	2.16	1.97	10.0	9.25
N15	9	2	0.5	18.4	4.6	100	92	820	1035	1744	2507	763	62.02	62.03	62.18	113.86	112.99	113.43	687.6	210	2.22	2.00	11.0	6.92
N16	11	0	0.25	0	2.3	100	92	820	1014.3	1744	2470	726	62.47	61.73	62.10	107.23	109.75	108.49	694.6	30	2.21	1.99	10.9	0.99
N17	6	4	0.25	36.8	2.3	100	92	820	1051.1	1744	2512	768	62.23	61.9	62.07	116.46	114.24	115.35	696.8	400	2.20	1.99	10.4	13.22
N18	7	2	0.25	18.4	2.3	100	92	820	1032.7	1744	2511	767	62.04	62.18	62.11	118.86	113.88	116.37	695.3	140	2.18	1.97	10.3	4.62
N19	19	1	0.1	9.2	0.9	100	92	820	1022.1	1744	2510	766	61.5	62.46	61.98	122.65	115.08	118.86	692.4	40	2.14	1.93	10.6	1.33
N20	20	1	0.5	9.2	4.6	100	92	820	1025.8	1744	2466	754	62.04	63.29	62.67	112.41	114.21	113.31	679.9	50	2.16	1.95	10.9	1.62

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

**Gráfico 2.**

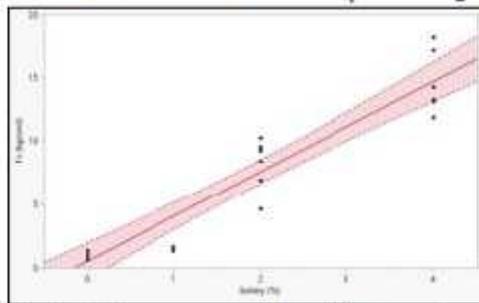
Comportamiento de la resistencia a la compresión según la dosis de Solidry.



Fuente: Regresión lineal con resultados de los ensayos, elaboración: consultor.

**Gráfico 3.**

Bandas de confianza del comportamiento de la resistencia a la compresión según la dosis de Solidry.

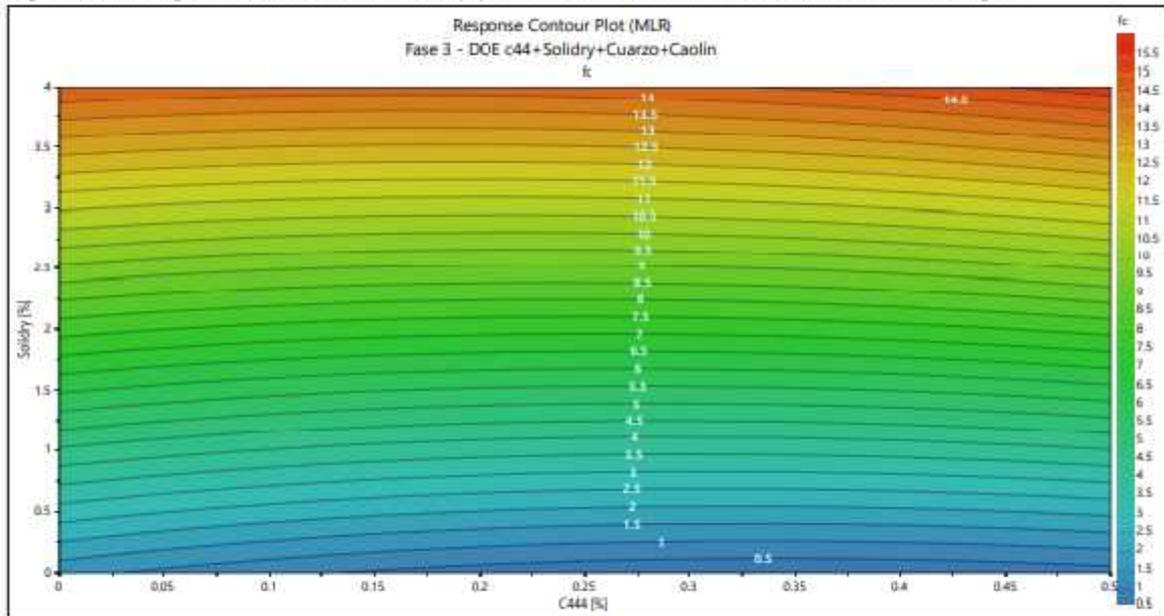


Fuente: Regresión lineal con resultados de los ensayos, elaboración: consultor.

INGENIERO EN CIENCIAS  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.P. N° 115764  
CESAR EDUARDO ARBULLU JURADO

**Gráfico 4.**

Superficie de respuesta del efecto del Solidry y el C444 con base en una regresión lineal múltiple.



Fuente: Regresión lineal con resultados de los ensayos, elaboración: consultor.

**Nota:** La adición de C444 en la mezcla NO tiene un efecto significativo para la resistencia a la compresión, se recomienda eliminar este compuesto del diseño de mezcla.

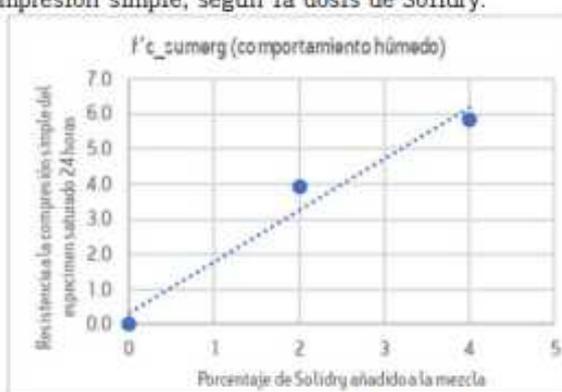
**Tabla 5.**

Resultados de ensayos de capilaridad en la **Tercera Fase** de experimentación.

NOMBRE	CUARZO (g)	SOLIDRY (g)	SOLIDRY (%)	CAOLIN (g)	AGUA (g)	PESO (g)	Wmold. 9h (g)	Wmold. 24h (g)	d <sub>50</sub> (mm)	d <sub>10</sub> (mm)	d <sub>30</sub> (mm)	Area (m <sup>2</sup> )	Alt1 (mm)	Alt2 (mm)	Alt prom	Wisco. espécimen (g)	Carga sumergida (g)	Asoc. Cap (mm)	AsocCap (%)	F <sub>c</sub> sumerg
N1	820	0	0	100	92	1012	1744	2506	62.64	62.01	62.33	30.51	114.03	113.31	113.67	683.1	0	71.15	62.8	0.0
N2	820	18	2	100	92	1030	1744	2514	62.42	62.6	62.51	30.59	115.09	117.22	116.155	696.2	120	26.89	24.7	3.9
N3	820	36	4	100	92	1048	1744	2511	62.45	62.75	62.60	30.78	119.86	114.37	117.115	695.7	180	15.81	15.9	5.8

**Gráfico 5.**

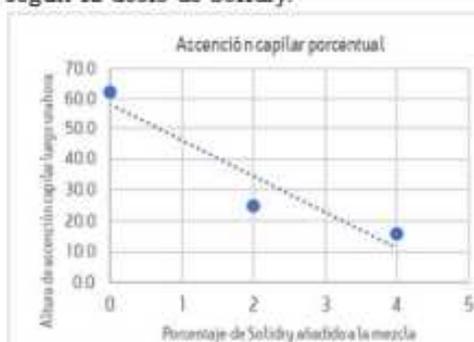
Comportamiento húmedo en compresión simple, según la dosis de Solidry.



Fuente: Regresión lineal con resultados de los ensayos, elaboración: consultor.

**Gráfico 6.**

Comportamiento de la capilaridad, según la dosis de Solidry.



Fuente: Regresión lineal con resultados de los ensayos, elaboración: consultor.

Es todo cuanto se informa al respecto.

Cusco, 30 de septiembre de 2021

  
**CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 115764

## Anexo 11. Constancia de validación del método de mezcla manual

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Cesar Edilberto Arbulú Jurado, con D.N.I. N°: 23976368, consultor especialista en geotecnia con laboratorio propio, ostento el grado de MBA. Ing. Civil CIP N° 115764. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación, el Método de mezcla manual del material que será aplicado en el desarrollo de la investigación de la bachiller: Iroshka Alexandra Sato Mujica, para el Tema de Investigación denominado: "EFECTO DEL POLÍMERO EN LA MEZCLA DEL MATERIAL PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL PISO DE LOS CIRCUITOS DE TRÁNSITO PEATONAL DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO NACIONAL DE MACHUPICCHU – CUSCO 2021". luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El método presenta coherencia con el problema de investigación.				X
2	El método evidencia el problema a solucionar.				X
3	El método guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación.				X
4	El método facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.				X
5	En general, el método permite un manejo correcto de los materiales a disposición.				X

1= Deficiente 2 = Regular 3= Bueno 4 = Excelente

#### Observaciones:

El método de mezcla manual utilizado en la investigación se rige a los parámetros delimitados en el marco legal del Decreto Supremo N° 003-2014-MC Reglamento de Intervenciones Arqueológicas y Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu.

Cusco, 08 de enero de 2022

  
CESAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CP N° 115764

## Anexo 12. Constancia de validación del molde adaptado para ensayo Proctor Modificado

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Cesar Edilberto Arbulú Jurado, con D.N.I. N°: 23976368, consultor especialista en geotecnia con laboratorio propio, ostento el grado de MBA. Ing. Civil CIP N° 115764. Por medio de la presente hago constar que el molde adaptado de 3" de diámetro para el ensayo de Proctor Modificado fue utilizado en el desarrollo de la investigación de la bachiller: Iroshka Alexandra Sato Mujica, para el Tema de Investigación denominado: "EFECTO DEL POLÍMERO EN LA MEZCLA DEL MATERIAL PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL PISO DE LOS CIRCUITOS DE TRÁNSITO PEATONAL DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO NACIONAL DE MACHUPICCHU – CUSCO 2021", luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El molde utilizado para el ensayo de Proctor Modificado colabora en el desarrollo de la investigación.				X
2	El molde utilizado para el ensayo de Proctor Modificado ayuda al planteamiento de una alternativa de solución frente al problema de investigación.				X
3	El molde utilizado para el ensayo de Proctor Modificado colabora con el cumplimiento de objetivos propuestos en la investigación.				X
4	El molde utilizado para el ensayo de Proctor Modificado facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.				X
5	El molde utilizado para el ensayo de Proctor permite optimizar la cantidad de material entregado por conveniencia por el personal responsable del mantenimiento del Parque Arqueológico de Machupicchu.				X
6	En general, el molde utilizado para el ensayo de Proctor permite un manejo correcto de los materiales entregados por conveniencia por el personal responsable del mantenimiento del Parque Arqueológico de Machupicchu.				X

1= Deficiente 2 = Regular 3= Bueno 4 = Excelente

#### Observaciones:

La utilización del molde adaptado de 3" de diámetro para el ensayo de Proctor Modificado colaboró en el desarrollo de la presente tesis, considerando que tiene un carácter de investigación.

Cusco, 08 de enero de 2022

  
 CESAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 115764

## Anexo 13. Certificado de Calidad de Martillo de Compactación Proctor Modificado



**Metrotest**  
E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MARTILLO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D 1557
MODELO	MS-41
SERIE	550
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Peso $4,5 \pm 0,01$ Kg (10 lb) caída de 457,2 mm (18") diámetro de $50,8 \pm 0,13$ mm.

\* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Andrés Bolognini 494 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos    [www.metrotesteirl.com](http://www.metrotesteirl.com) / [metrotestlogistica@hotmai.com](mailto:metrotestlogistica@hotmai.com) / [ventas@metrotesteirl.com](mailto:ventas@metrotesteirl.com)  
Telf.: 020-7898 Telefax: 020-3324 Email: 997 945 343 / #962 889 991  
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL**

## Anexo 14. Certificado de Calidad de Molde Proctor Modificado



**Metrotest**  
E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en hierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

\* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Andrés Bolognesi 494 Depto. 107 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos  
www.metrotest.com / info@metrotest.com / ventas@metrotest.com  
Tel: 526-7898 Telefax: 529-3324 Email: 997 045 345 / #962 835 501

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.

## Anexo 15. Certificado de Calibración Horno Eléctrico



**Metrotest**  
E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CTM-100-2018**

Página 1 de 5

**Solicitante** : CONSULTORA ITHENDA E.I.R.L.

**Dirección** : AV. MICAELA BASTIDAS NRO. 258 INT. 704  
CERCADO DE WANCHAO - CUSCO - WANCHAO

**Equipo de Medición** : HORNO ELECTRICO

**Marca** : METROTEST

**Modelo** : MS-H1

**Procedencia** : PERÚ

**Código de Identificación** : NO INDICA

**Número de Serie** : 839

**Temperatura de trab** : 110 °C ± 10 °C

**Ventilación** : Natural

**Lugar de Calibración** : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

**Misión:**  
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

**Visión:**  
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

**Instrumento de Medir :**

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termómetro controlador	AUTONICS	TCM45	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

**Fecha de Calibración** : 2018-03-21

**Fecha de Emisión** : 2018-03-21

**Método de Calibración** : Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con Termómetro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPVSNM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos"

**Observaciones**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.





Luigi Asejo Es  
Jefe de Metrología

Jr. Arístides Seligueren 404 Depto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos    www.metrotest.com / metrotestlogistica@metrottest.com / ventas@metrottest.com  
Tel: 528-7800 Telefax: 528-3324 Email: 597 045 343 / #262 839 001

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.**



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CTM-100-2018**

Página 2 de 5

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termómetro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-001-2018
Patrones de referencia de DM (INACAL)	Termómetro de indicación digital	LT-039-2017

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	20,3
Humedad (%)	43	45

**Resultados de la calibración:**

**CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C**

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111,3	112,2	112,0	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
02	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
04	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
06	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,2	111,7	111,6	110,7	110,3	112,5	111,5	2,4
08	110	111,4	112,3	112,4	110,1	112,2	111,7	111,7	110,7	110,3	112,6	111,5	2,5
10	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,7	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
12	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,8	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
14	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,7	110,9	110,4	112,6	111,6	2,4
16	110	111,5	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,8	110,9	110,5	112,6	111,6	2,4
18	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,0	110,5	112,7	111,7	2,4
20	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
22	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
24	110	111,6	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,6	112,7	111,7	2,4
26	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
28	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
30	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
32	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,1	112,0	111,3	110,6	112,7	111,8	2,3
34	110	111,7	112,4	112,4	110,5	112,6	112,1	112,1	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
36	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
38	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
40	110	111,7	112,5	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
42	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,1	112,2	111,3	110,8	112,7	111,9	2,1
44	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,7	111,9	2,1
46	110	111,9	112,5	112,6	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,6	111,9	2,0
48	110	111,9	112,5	112,6	110,7	112,6	112,2	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	1,9
50	110	112,0	112,5	112,6	110,7	112,7	112,3	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	2,0
52	110	112,0	112,7	112,6	110,7	112,7	112,3	112,3	111,5	110,9	112,6	112,0	2,0
54	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	110,9	112,6	112,1	1,9
56	110	112,1	112,6	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,9
58	110	112,1	112,6	112,6	110,9	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
60	110	112,1	112,6	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
T.PROM	110	111,7	112,4	112,5	110,4	112,6	112,0	112,0	111,1	110,6	112,6	111,8	
T.MAX	110	112,1	112,7	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,7		
T.MIN	110	111,5	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5		
DTT	0,0	0,6	0,5	0,0	0,6	-0,6	0,8	0,8	-0,9	0,8	0,2		





# Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor ( °C )	Incertidumbre Expandida ( °C )
Máxima Temperatura Medida	112,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	110,1	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,2	0,3
Estabilidad	$\pm 0,40$	0,04
Uniformidad	2,5	0,3

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.prom : Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX : Temperatura máxima

T.MIN : Temperatura mínima

DTT : Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isotermico: 0,5 °C

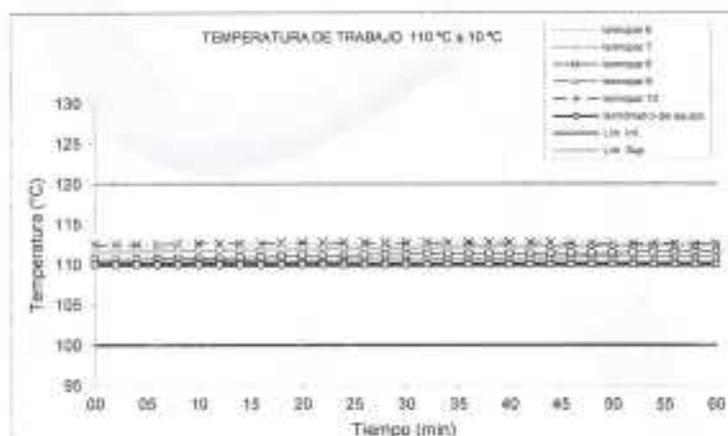
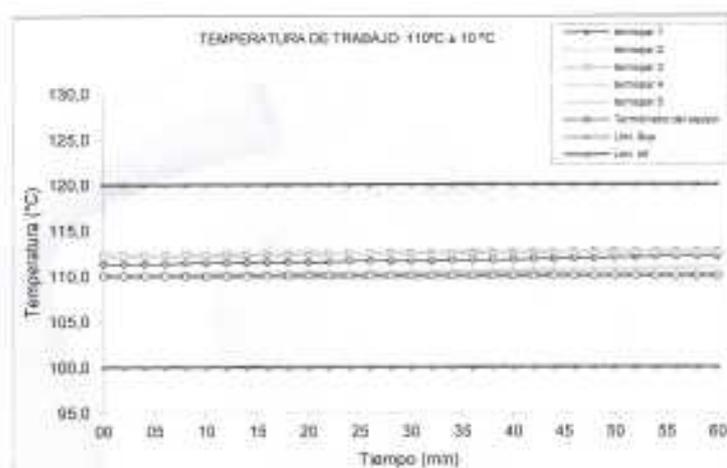
La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  máx. DTT.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CTM-100-2018**

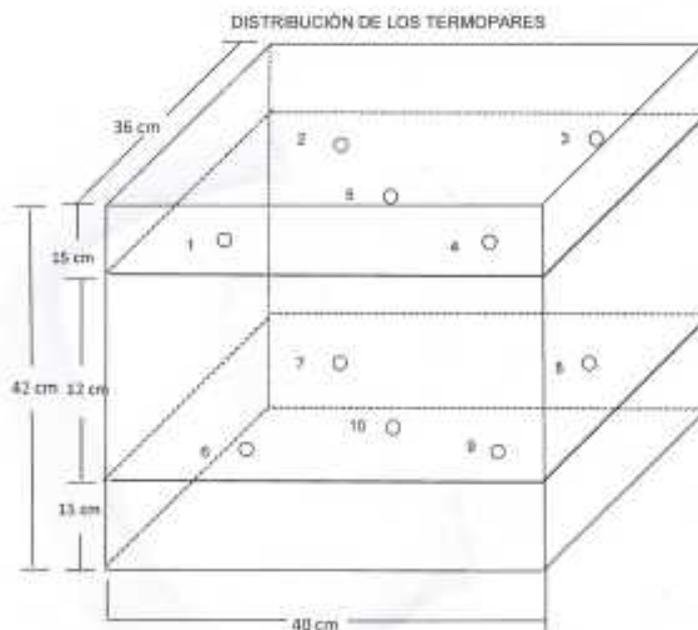
Página 4 de 5





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CTM-100-2018**

Página 5 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.  
Los termopares del 1 al 4 y del 5 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.  
Los termopares del 1 al 4 y del 5 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.



## Anexo 16. Certificado de Calibración Prensa Hidráulica para Rotura de Concreto

		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>N° 1425-145-2020</b>	Página 1 de 3
<b>Arso Group</b> Laboratorio de Metrología			
Fecha de emisión	2020/12/30		
Solicitante	<b>CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO</b>		
Dirección	AV. MICAELA BASTIDAS 258- WANCHAQ - CUZCO-PERU		
Instrumento de medición	<b>PRENSA HIDRAULICA PARA ROTURA DE CONCRETO</b>		
Identificación	1425-145-2020		
Marca	ARSOU		
Modelo	PR701		
Serie	2138		
Capacidad	120000KG		
Indicador	DIGITAL		
Bomba	MANUAL		
Procedencia	PERÚ		
Ubicación	Laboratorio de Suelos y Concreto		
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP SAC		
Fecha de calibración	2020/12/30		
Método/Procedimiento de calibración	El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.		
<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>			
 			
 <p>ARSOU GROUP S.A.C.                  Ing. Hugo Luis Arevalo Carrizosa                  METROLOGÍA</p>			
ARSOU GROUP S.A.C. Asoc. Vw. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437 ventas@arsougroup.com www.arsougroup.com			



## Arsou Group

Laboratorio de Metrología

### Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

### Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 63 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

### Resultados

**TABLA N° 01**  
**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON ( Kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10001.4	10000.9	0.0	0.0	10001.2	0.0315	0.00
20000	19999.0	19999.5	0.0	0.0	19999.3	0.00	0.00
30000	30000.0	29999.8	0.0	0.0	29999.9	0.00	0.00
40000	40000.5	39999.4	0.0	0.0	40000.0	0.00	0.00
50000	50000.0	50000.0	0.0	0.0	50000.0	0.00	0.00
60000	60000.4	59999.4	0.0	0.0	59999.9	0.00	0.00
70000	69998.8	69999.4	0.0	0.0	69999.1	0.00	0.00
80000	80000.0	79999.5	0.0	0.0	79999.8	0.00	0.00

### NOTAS SOBRE CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$        $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %
- 4.- Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kg)



ARSOU GROUP S.A.C.  
  
 Ing. Hugo Luis Arévalo Carrica  
 METROLOGÍA

### ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego M2 C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com

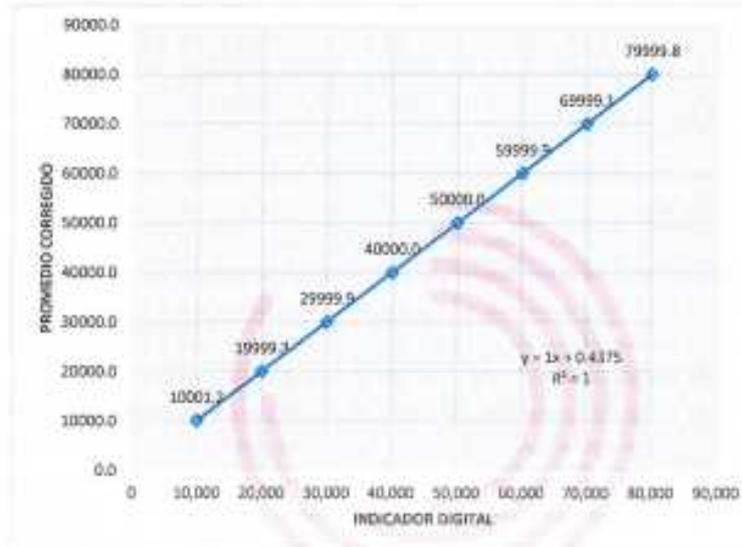


## Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 1x + 0,4375$

Coefficiente Correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

### Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C  
  
 Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica  
 METROLOGÍA



### ARSOU GROUP S.A.C.

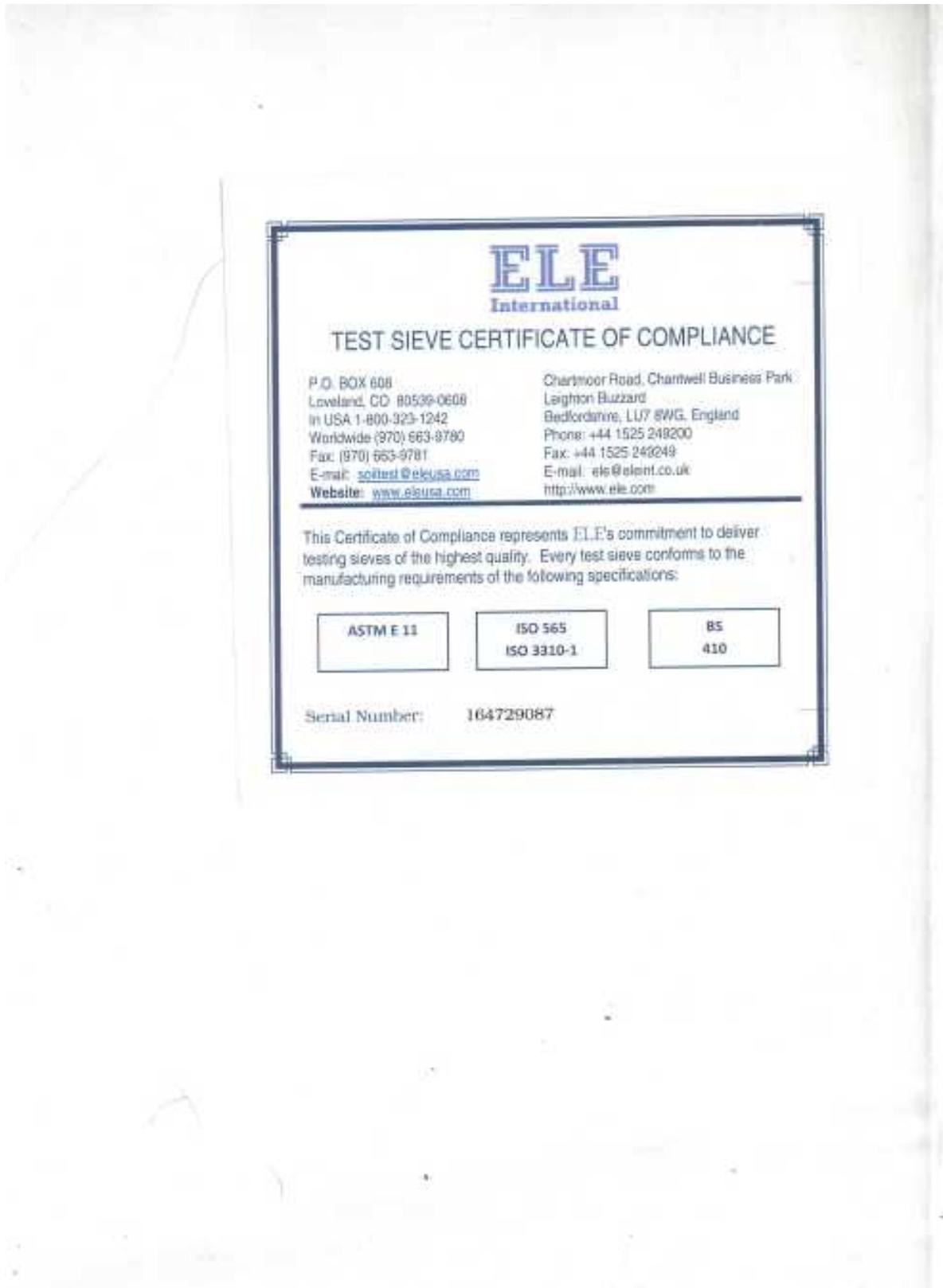
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

**Anexo 17. Certificado de Conformidad de la Prueba del Tamiz**



Anexo 18. Certificado de Conformidad de la Prueba del Tamiz N°200

N° 200 (13-SEPT-2018)



0025-05

LITHO IN U.S.A.

Anexo 19. Certificado del Tamiz N°40

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO**  
**TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA.**

CONFORME CON LA NORMA  
IN ACCORDANCE WITH NORM  
**ASTM E 11.2015**

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	426,97 $\mu$ m
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	439,12 $\mu$ m
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	276,28 $\mu$ m
MALLA No. <small>MESH NO.</small>	40
SERIE No. <small>SERIAL NO.</small>	63815
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	+1,39 $\mu$ m
FECHA <small>DATE</small>	2018 - 05 - 23
FIRMA <small>SIGN</small>	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA.**  
 TEL. (571) 7444888  
 Calle 18 # 102 B 72  
 www.pinzuar.com.co  
 BOGOTÁ - COLOMBIA

ISO 9001:2015  
SISTEMA DE  
CERTIFICACION  
SINCE 2008

MSP-11-48 Rev1

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha <small>Date</small>	2018 - 05 - 23
Instrumento <small>Instrument</small>	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA.
Serie No. <small>Serial No.</small>	63845
Malla No. <small>Mesh No.</small>	40

**NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

**Transparencia:** Todas las especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de Calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional (SI).

**Resultados:** Las dimensiones de malla fueron evaluadas de acuerdo al numeral 03 de la Norma ASTM E 11 - 15. La malla cumple con lo establecido en el numeral 07 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro de abertura cumple con lo establecido en el numeral 02 de la Norma ASTM E 11-15.

**OPINIÓN DEL TÉCNICO**

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.  
 El laboratorio no se responsabiliza de los portátiles que puedan deberse del uso inadecuado del instrumento.

Anexo 20. Certificado del Tamiz N°60

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA  
MILITARY SPECIFICATION  
**ASTM F 11.2015**

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	250,24	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	256,66	µm
DIAMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	154,66	µm
MALLA No. MESH No.	60	
SERIE No. SERIAL No.	59915	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 7,53	µm
FECHA DATE	2017-09-29	FIRMA SIGNATURE

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
TEL: (571) 7454555  
Calle 18 # 100 B 72  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA



ASTM F 11.2015

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha Date	2017-09-29
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	59915
Malla No. Mesh No.	60

**NORMA DE ENSAYO: ASTM F 11-15**

**Transparencia:** Sus inscripciones se han verificado en el sitio web del Centro de Calidad de Bogotá por medio de su sistema de medición calibrado con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

**Reservados:** Los derechos del título fueron evaluados de acuerdo a la norma ASTM E 11 - 15. Las marcas han sido otorgadas y otorgadas en el número 15, de la familia ASTM E 11 - 15. El número de patente otorgada como resultado es el número 112 de la norma ASTM E 11 - 15.

**COMPETENCIA**

Para informarnos sobre el uso de los productos, por favor comuníquese con nosotros en cualquier momento.  
El laboratorio es un cuerpo autónomo de un organismo que presta servicios de laboratorio de metrología.

Anexo 21. Certificado del Tamiz 2”

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO**  
**TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**  
*Manufactured by PINZUAR LTDA*

CONFORME CON LA NORMA  
IN ACCORDANCE WITH  
**ASTM E 11:2015**

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	49,72 mm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	49,78 mm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	5,00 mm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	2”
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	62141
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,56 µm
FECHA <small>DATE</small>	2016-02-07
FIRMA <small>SIGN</small>	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVIDO DE MUNDO

PINZUAR LTDA  
TELE: (571) 7484555  
Calle 15 # 103 B 7E  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA



KCS-1200-001

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha <small>Date</small>	2016-01-07
Instrumento <small>Instrument</small>	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA
Serie No. <small>Serial No.</small>	62141
Malla No. <small>Mesh No.</small>	2”

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

**Transmisión:** El instrumento fue verificado en el laboratorio de Control de Calidad de Pinzuar Ltda. Con el propósito de verificar la exactitud de las mediciones de apertura y diámetro de malla de acuerdo a la norma ASTM E 11-15.

**Resultados:** Los resultados del ensayo fueron los siguientes: La apertura y el diámetro de malla de acuerdo a la norma ASTM E 11-15, se reportaron los valores en el presente informe de acuerdo a la norma ASTM E 11-15. El instrumento cumple con la especificación de la norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA**

Este informe es propiedad de Pinzuar Ltda. y no debe ser utilizado por terceros sin el consentimiento escrito de Pinzuar Ltda. Cualquier uso no autorizado de este informe sin el consentimiento escrito de Pinzuar Ltda. puede dar lugar a acciones legales.

Anexo 22. Certificado del Tamiz N°20

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA.**

**CONFORME CON LA NORMA  
ASTM E 11:2015**

ABERTURA PROMEDIO <small>APERTURE (AVERAGE)</small>	851.32	µm	
ABERTURA MÁXIMA <small>APERTURE (MAXIMUM)</small>	882.90	µm	
DIÁMETRO PROMEDIO <small>APERTURE (AVERAGE)</small>	505.21	µm	
MALLA No. <small>MESH NO.</small>	20		
SERIE No. <small>SERIAL NO.</small>	61509		
INFORME CUANTITATIVO DE MEDICIÓN <small>QUANTITATIVE MEASUREMENT REPORT</small>	10.93	g/g	
FECHA <small>DATE</small>	2018-07-18	FIRMA <small>SIGN</small>	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
 TELS: (571) 7454555  
 Calle 18 # 103 B 72  
 www.pinzuar.com.co  
 BOGOTÁ - COLOMBIA



**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha	2018-07-18
Caso	
Instrumento	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	64809
Malla No. Mesh No.	20

**NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

**Observaciones:** Se han verificado las dimensiones de Curva de la calidad de Pinzuar LTDA. Por medio de un muestreo de mediciones aleatorias con resultados satisfactorios e interpretados de acuerdo a ISO.

**Resultados:** Las dimensiones del tamiz fueron evaluadas de acuerdo al método B2 de la Norma ASTM E 11-15. La abertura de la malla cumple con los valores establecidos en esta Norma (ASTM E 11-15). El diámetro del alambre cumple con el Anexo B1 de la Norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA.**

Este informe representa el resultado de un análisis realizado y con base en el momento y condiciones de su realización. El fabricante no se responsabiliza de las pérdidas que ocasiona el uso de este producto del instrumento.

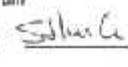
Anexo 23. Certificado del Tamiz 3”

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA.**

CONFORME CON LA NORMA  
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	74,67 mm
ABERTURA MÁXIMA <small>AVERAGE APERTURE</small>	75,05 mm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	6,34 mm
Malla No. <small>NO. MESH</small>	3"
Serie No. <small>SERIAL NO.</small>	61917
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,57 µm
FECHA <small>DATE</small>	2018-01-26
FIRMA <small>SIG.</small>	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA.**  
TEL: (571) 7454555  
Calle 18 # 103 B 72  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA



A2301049 Rev. 01

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha <small>Date</small>	2018-01-26
Instrumento <small>Instrument</small>	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA.
Serie No. <small>Serial No.</small>	61917
Malla No. <small>Mesh No.</small>	3"

**NORMAS DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

**Verificación:** Este instrumento se inspeccionó en el laboratorio de control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al metro en International de unidades SI.

**Resultados:** Los instrumentos del mundo fueron evaluados de acuerdo a la norma ISO 9001 de la serie ASTM E 11-15. La abertura de la malla cumple con la calidad de la norma ASTM E 11 de la serie ASTM E 11-15. El diámetro del hilo cumple con el requisito de la norma ISO de la Norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA.**

Este informe solo es válido en el momento de la verificación y no garantiza el cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM E 11-15. El usuario debe asegurarse de que el instrumento sea utilizado de acuerdo a las instrucciones de uso.

Anexo 24. Certificado del Tamiz 3/8”

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA.**

CONFORME CON LA NORMA  
DE REGULACIÓN METRICA  
**ASTM E 11:2015**

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	5,49	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	5,50	mm
DIÁMETRO PROMEDIO DIAMETER	2,30	mm
MALLA No. MESH NO.	3/8"	
SERIE No. SERIAL NO.	63657	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	+ 10,5%	mm
FECHA DATE	2018-05-16	FIRMA SIGNATURE

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
 TEL: (571) 7454555  
 Calle 18 # 103 B 72  
 www.pinzuar.com.co  
 BOGOTÁ - COLOMBIA



AD-11-141 Rev.1

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha Date	2018-05-16
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63657
Malla No. Mesh No.	3/8"

**NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

**Verificación:** Las especificaciones de este certificado en el laboratorio de control de calidad del InsurL500, por medio de inspecciones de muestra, concuerdan con especificación o normas internacionales de calidad ISO.

**Resultados:** Las dimensiones del tamiz fueron evaluadas de acuerdo con la norma de referencia ASTM E 11-15. La conformidad de la muestra cumple con las especificaciones de control de calidad de la Norma ASTM E 11-15. El fabricante del artículo cumple con lo establecido en el numeral 9.2 de la Norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA.**

Este informe expresa fehacientemente el resultado de las mediciones y evaluaciones y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron. El fabricante es responsable de los productos que pueden ser hechos del uso anterior de este certificado.



Anexo 26. Certificado del Tamiz 3/4"

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

**CONFORME CON LA NORMA  
ASTM E 11:2015**

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE TEST SIZE	19.05	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	19.16	mm
DIAMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3.02	mm
MALLA No. MESH No.	50	
SERIE No. SERIAL No.	63968	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm
FECHA DATE	2018-05-07	FIRMA SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVIDOR DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
TELE: (571) 7454855  
Calle 18 # 103 B 72  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA



ISO 9001:2015

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha Date	2018-05-07
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63968
Malla No. Mesh No.	50

**NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

**Trasero de la inspección:** Las especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de Calidad del PINZUAR Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades SI.

**Resultados:** Las dimensiones de medida fueron evaluadas de acuerdo al método B de la Norma ASTM E 11-15. La abertura de la malla cumple con la especificación en el numeral E.1 de la Norma ASTM E 11-15. El diámetro del sistema cumple con lo establecido en el numeral E.1 de la Norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA.**

Este informe es el resultado de la publicación de las mediciones realizadas y corresponde al momento y condiciones en que se realizaron. El fabricante no es responsable de un producto que sufra alteraciones durante el uso normal de éste.

Anexo 27. Certificado del Tamiz 1"

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO**  
**TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA  
PLACED UNDER STANDARD  
**ASTM E 11:2015**

ABERTURA YEMALLO <small>SCREEN APERTURE</small>	25,03	mm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	25,68	mm
DIAMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	3,59	mm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	1"	
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	59758	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,56	µm

FECHA: 2017-09-26      FIRMA: 

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD - LUMANA AL SERVIDOR DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
TELS: (5711) 484888  
Calle 18 # 103 B 72  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA

ISO 9001 

ISO 17025 

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha: 2017-09-26  
Date:

Instrumento: TAMIZ PARA ENSAYO  
Instrument:

Fabricante: PINZUAR LTDA.  
Manufacturer:

Serie No.: 59758  
Serial No.:

Malla No.: 1"  
Mesh No.:

**NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15**

Inspección: La muestra fue verificada en el laboratorio de control de calidad de Pinzuar Ltda. El medio de inspección de prueba utilizado con el propósito de inspección fue el estándar de la norma ISO.

Resultados: Las dimensiones del tamiz fueron inspeccionadas de acuerdo al estándar de la norma ASTM E 11-15. El resultado de la inspección fue conforme con la norma ASTM E 11-15. El promedio de diámetro nominal con el estándar de la norma ISO de la norma ASTM E 11-15.

**PINZUAR LTDA**

Este informe certifica que el instrumento de prueba fue inspeccionado y se halla en condiciones adecuadas para su uso en el momento de realización de las pruebas de conformidad con los requisitos de la norma ASTM E 11-15.

Anexo 28. Certificado del Tamiz 1 1/2"

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

**CONFORME CON LA NORMA  
INTERNACIONAL  
ASTM E 11:2015**

ANCHURA PROMEDIO AVERAGE WIDTH	37,04	mm
ANCHURA MÁXIMA MAXIMUM WIDTH	37,28	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	6,53	mm
MALLA No. MESH No.	1 1/2"	
SERIE No. SERIAL No.	63616	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm
FECHA DATE	2018-05-25	FIRMA SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
TEL: (571) 7484985  
Calle 18 # 103 B 7E  
www.pinzuar.com.co  
BOGOTÁ - COLOMBIA

APTO. 011-01  
NORMA ISO 9001  
CERTIFICADO  
010001-01

SCE-11431 Pinzuar

**INFORME DE INSPECCIÓN**

Fecha Date	2018-05-25
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA
Serie No. Serial No.	63616
Malla No. Mesh No.	1 1/2"

**NORMA DE ENSAYO ASTM E 11-15**

**Observaciones:** Se verificó el cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM E 11-15 en el momento de la inspección. Se verificó el cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM E 11-15 en el momento de la inspección.

**Resultados:** El instrumento de medición cumple con los requisitos de la norma ASTM E 11-15 en el momento de la inspección. La muestra de tamiz cumple con los requisitos de la norma ASTM E 11-15 en el momento de la inspección. El instrumento de medición cumple con los requisitos de la norma ASTM E 11-15 en el momento de la inspección.

**PINZUAR LTDA**

Se adjunta el informe de inspección y el resultado de la medición.  
El informe de inspección y el resultado de la medición se adjuntan en una carpeta de trabajo.  
El informe de inspección y el resultado de la medición se adjuntan en una carpeta de trabajo.