

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL TIPO DE PORCENTAJE,
CONSOLIDANTE Y PROPORCIÓN DE SUELO EN
MORTEROS DE CONSERVACIÓN, SOBRE
COMPRESIÓN, DURABILIDAD Y COLORIMETRÍA,
TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Martin Rivera Castillo

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo - Perú

2019



APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Rivera Castillo Martin**, denominada:

**INFLUENCIA DEL TIPO DE PORCENTAJE, CONSOLIDANTE Y PROPORCIÓN
DE SUELO EN MORTEROS DE CONSERVACIÓN, SOBRE COMPRESIÓN,
DURABILIDAD Y COLORIMETRIA, TRUJILLO 2020**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR CIP 123509

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico a Dios, por acompañarme durante todo el proceso de mi vida hasta lograr cada meta que me he propuesto y anhelado.

A mis padres, que me brindaron su apoyo, amor incondicional, comprensión y cariño, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, estoy muy feliz de tener unos padres como ustedes.

A mis abuelos que me han brindado su apoyo incondicional durante esta universitaria, donde me acogieron como un hijo más para ustedes, estoy siempre agradecido por todo lo que aportaron durante esta etapa.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me dieron la mano y compartieron sus conocimientos

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres: Teddy Rivera Cárdenas,
Diana Karina Castillo Velásquez y mi
hermana Nancy Rivera Castillo, por ser los
principales promotores de este objetivo, por
confiar y creer en mis expectativas, por los
consejos, valores y principios que han
inculcado.

Agradezco al ingeniero Iván E. Vásquez Alfaro
asesor de mi tesis quien ha guiado
con su paciencia, y su rectitud como docente,
por haber compartido sus conocimientos,
facilidades durante mi estadía en el laboratorio y
amistad a lo largo de esta bonita etapa.

Agradezco al grupo de investigación ACIMAT,
que fue como un segundo hogar durante
toda la etapa que realice mi tesis, unas muy
buenas personas y amigos que encontré,
muchas gracias por compartir su tiempo,
conocimientos y amistad.

De manera especial agradezco a mi
Abuela Luz Angelica Velásquez Alcántara,
que me cuidaste como una segunda madre,
siempre atenta conmigo, engriéndome, dándome
buenos consejos y siempre debatiendo muy buenas
conversaciones, gracias Mamá Angelica.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Realidad problemática.....	12
1.2 Antecedentes	16
1.3 Bases teóricas	20
1.3.1. Suelo.....	20
1.3.2. Minerales	22
1.3.3. Clasificación de suelos	23
1.3.4. Mortero	29
1.3.5. Conservación.....	30
1.3.6. Consolidación	32
1.3.7. Silicato de etilo.....	33
1.3.8. Paraloid.....	33
1.4 Formulación del problema.....	35
1.5 Objetivos.....	35
1.5.1. Objetivo general.....	35
1.5.2. Objetivos específicos.....	35
1.6 Hipótesis.....	35
1.6.1. Hipótesis general	35
1.6.2. Hipótesis específicas	36
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	37
2.1 Tipo de investigación.....	37
2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	37
2.2.1. Unidad de estudio.....	37
2.2.2. Población	38
2.2.3. Muestra	38
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	41
2.3.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos	41
2.3.2. Análisis de datos.....	43
2.4 Procedimiento	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS	70
3.1 Caracterización de la materia prima	70
3.1.1. Contenido de humedad y materia orgánica	70
3.1.2. Cantidad de material fino, análisis granulométrico por tamizado y por medio del hidrómetro.....	70
3.1.3. Gravedad específica de la tierra, arena gruesa y tipos de proporciones	70

3.1.4.	<i>Limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad y clasificación SUCS</i>	71
3.1.5.	<i>Proctor modificado</i>	71
3.1.6.	<i>Conductividad y grado de pH</i>	71
3.1.7.	<i>Análisis químico mineralógico por DRX</i>	71
3.1.8.	<i>Tiempo de secado</i>	72
3.2	Ensayos físicos.....	72
3.2.1.	<i>Durabilidad</i>	72
3.2.2.	<i>Colorimetría</i>	73
3.3	Ensayo mecánico.....	74
3.3.1.	<i>Resistencia a la compresión</i>	74
3.4	Evaluación económica.....	74
3.5	Evaluación estadístico.....	75
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		77
4.1	Discusión.....	77
4.1.1.	<i>Caracterización de la arena gruesa</i>	77
4.1.2.	<i>Caracterización química de la materia prima</i>	78
4.1.3.	<i>Caracterización de la tierra</i>	80
4.1.4.	<i>Resistencia a la compresión</i>	85
4.1.5.	<i>Durabilidad</i>	87
4.1.6.	<i>Colorimetría</i>	89
4.1.7.	<i>Evaluación económica</i>	91
4.1.8.	<i>Análisis estadístico</i>	92
4.2	Conclusiones.....	94
RECOMENDACIONES		96
REFERENCIAS		97
APÉNDICE		100
Apéndice N°01: Verificación de la contrastación de la hipótesis.....		100
Apéndice N°02: Caracterización de materia prima.....		111
Apéndice N°03: Ensayos físicos.....		121
Apéndice N°04: Ensayo Mecánico.....		125
Apéndice N°05: Evaluación económica.....		127
ANEXOS		130
Anexo N°01: Panel fotográfico.....		130
Anexo N°02: Sistema unificado de clasificación de suelos – SUCS.....		136
Anexo N°03: Corrección por T° (hidrometría).....		137
Anexo N°04: Valor de K (hidrometría).....		138
Anexo N°05: Valor de K (Gravedad específica).....		139
Anexo N°06: Valor críticos de la distribución F.....		140
Anexo N°07: Monitoreo de los morteros luego de aplicar los consolidantes.....		141
Anexo N°08: Certificado de ensayos en laboratorio UPN.....		142
Anexo N°09: Normativa utilizada para el desarrollo experimental.....		144
Anexo N°10: Informe de análisis por difracción de rayos x.....		150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Hipótesis general	35
Tabla 2: Hipótesis específicas 01, 02 y 03	36
Tabla 3: Variables de estudio de investigación	37
Tabla 4: Matriz de diseño trifactorial	37
Tabla 5: Valores de la distribución normal estandarizadas	39
Tabla 6: Obtención de la desviación estándar	39
Tabla 7: Cálculo para el análisis estadístico del diseño trifactorial	46
Tabla 8: Normas de cada ensayo físico de la caracterización a desarrollar	49
Tabla 9: Esquema del contenido de humedad	49
Tabla 10: Muestra mínimo recomendado para ensayo – MTC E 202.....	50
Tabla 11: Esquema de material que pasa el tamiz N°200	50
Tabla 12: Serie de tamices MTC E 107.....	51
Tabla 13: Esquema de registro de datos del análisis granulométrico por tamizado	51
Tabla 14: Rango para el módulo de finura (ASTM C 136)	52
Tabla 15: Límites granulométricos del agregado fino – Arena (ASTM C33)	52
Tabla 16: Tiempo de dispersión MTC E 109	53
Tabla 17: Valores de la profundidad efectiva del hidrómetro 151-H, MTC E 109.....	54
Tabla 18: Toma de datos análisis granulométrico por sedimentación	56
Tabla 19: Toma de datos para el contenido de materia orgánica	57
Tabla 20: Clasificación del nivel de materia orgánica. (AASHTO T267).....	57
Tabla 21: Toma de datos límite líquido	58
Tabla 22: Toma de datos de límite plástico	59
Tabla 23: Clasificación del suelo según el I.P (ASTM D4318).....	59
Tabla 24: Toma de datos gravedad específica y absorción del agregado fino	60
Tabla 25: Relación de muestra según fiola (ASTM D-854).....	60
Tabla 26: Toma de datos de gravedad específica del suelo	61
Tabla 27: Valores típicos de gravedad específica. (UNI, 2006)	61
Tabla 28: Métodos para ensayo Proctor modificado – MTC E 115.....	62
Tabla 29: Toma de datos para Proctor modificado	63
Tabla 30: Toma de datos de conductividad y pH	64
Tabla 31: Cantidades para la preparación de mezcla	65
Tabla 32: Dosificación de silicato de etilo y alcohol para 1 mortero.....	65
Tabla 33: Dosificación de silicato de etilo y alcohol para 4 morteros	66
Tabla 34: Dosificación de Paraloid y thinner, para 1 mortero	66
Tabla 35: Dosificación de Paraloid y thinner, para 4 morteros.....	66
Tabla 36: Toma de datos de resistencia a la compresión	67
Tabla 37: Toma de datos para durabilidad al agua	68
Tabla 38: Toma de datos para colorimetría.....	69
Tabla 39: Contenido de humedad y materia orgánica	70
Tabla 40: Granulometría de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)	70
Tabla 41: <i>Granulometría de la arena gruesa</i>	70
Tabla 42: Gravedad específica de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)	70
Tabla 43: Gravedad específica y absorción de la arena gruesa	70
Tabla 44: LL, LP, IP y clasificación SUCS de la tierra y los tipos de proporción de suelo.....	71
Tabla 45: Proctor modificado de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)	71
Tabla 46: Análisis químico de la materia prima.....	71
Tabla 47: Composición mineralógico de la tierra	71
Tabla 48: tiempo promedio de secado de las probetas patrones	72
Tabla 49: Durabilidad de los morteros bajo agua.....	72
Tabla 50: Colorimetría de los morteros	73
Tabla 51: Resistencia a la compresión de los morteros.....	74
Tabla 52: <i>Costo de la consolidación química</i>	74
Tabla 53: <i>Resumen del análisis ANOVA del ensayo de resistencia a compresión</i>	75
Tabla 54: <i>Resumen del análisis ANOVA del ensayo de durabilidad</i>	75
Tabla 55: <i>Resumen del análisis ANOVA del ensayo de colorimetría</i>	75
Tabla 56: Resultados de prueba de normalidad.....	75
Tabla 57: Fteórico y valor según grados de libertad	101

Tabla 58: Estimación de Y_i , Y_j , Y_k para los datos de resistencia a la compresión	101
Tabla 59: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de compresión	107
Tabla 60: Estimación de Y_i , Y_j , Y_k para los datos de durabilidad	107
Tabla 61: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad	108
Tabla 62: Estimación de Y_i , Y_j , Y_k para los datos de Colorimetría	109
Tabla 63: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de Colorimetría	110
Tabla 64: Contenido de humedad	111
Tabla 65: Materia orgánica	111
Tabla 66: Gravedad específica y absorción de la arena gruesa	111
Tabla 67: Granulometría arena gruesa	112
Tabla 68: Granulometría de la tierra.....	112
Tabla 69: Granulometría del suelo proporción 2:1	113
Tabla 70: <i>Granulometría del suelo proporción 3:1</i>	113
Tabla 71: Gravedad específica de la tierra.....	115
Tabla 72: Gravedad específica del suelo proporción 3:1	115
Tabla 73: Gravedad específica del suelo proporción 2:1	115
Tabla 74: Límite líquido de la tierra	116
Tabla 75: Límite líquido del suelo proporción 2:1	116
Tabla 76: Límite líquido del suelo proporción 3:1	117
Tabla 77: Límite plástico	117
Tabla 78: Proctor modificado de la tierra.....	118
Tabla 79: Proctor modificado del suelo proporción 2:1	118
Tabla 80: Proctor modificado del suelo proporción 3:1	119
Tabla 81: Análisis hidrométrico de la tierra	120
Tabla 82: Durabilidad de los morteros con paraloid	121
Tabla 83: Durabilidad de los morteros con silicato de etilo	122
Tabla 84: Colorimetría de los morteros con paraloid.....	123
Tabla 85: <i>Colorimetría de los morteros con silicato de etilo</i>	124
Tabla 86: Compresión de los morteros con paraloid.....	125
Tabla 87: Compresión de los morteros con silicato de etilo	126
Tabla 88: Evaluación económica de consolidación con paraloid al 2%	127
Tabla 89: Evaluación económica de consolidación con paraloid al 4%	127
Tabla 90: Evaluación económica de consolidación con paraloid al 6%	127
Tabla 91: Evaluación económica de consolidación con paraloid al 8%	128
Tabla 92: <i>Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 25%</i>	128
Tabla 93: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 30%	128
Tabla 94: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 35%	129
Tabla 95: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 40%	129
Tabla 96: Valores de C_t para la corrección por temperatura (MTC E109).....	137
Tabla 97: Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas (MTC, 2016).....	138
Tabla 98: Factor de corrección K para varias temperaturas (MTC E113).....	139
Tabla 99: Valores críticos de la distribución $F_{0.05, V_1, V_2}$	140
Tabla 100: Monitoreo de morteros antes y después de consolidar.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Intervención de templo histórico en México.....	12
Figura 2: Deterioro por agentes atmosféricos en muros.....	15
Figura 3: Penetración superficial alcanzada por la bola de acero (6mm).....	17
Figura 4: Aumento de resistencia a compresión y flexión sin y con consolidante.....	17
Figura 5: Ensayo de botella.....	24
Figura 6: Ensayo del bastoncillo.....	25
Figura 7: Partículas que componen el suelo.....	26
Figura 8: Triangulo de textura.....	27
Figura 9: Principales estructuras en los suelos.....	28
Figura 10: Arenoso franco.....	28
Figura 11: Franco arenoso.....	29
Figura 12: Mecanismo molecular, interacción de dos moléculas de arcilla.....	33
Figura 13: Paraloid en perlas en la parte inferior y disuelto.....	34
Figura 14: Estructura química del paraloid.....	34
Figura 15: Tipo de Muestreo y tamaño de muestra.....	38
Figura 16: Ingreso de datos al programa SPSS.....	43
Figura 17: Ingreso de valores en vista de datos.....	44
Figura 18: <i>Proceso para analizar los datos obtenidos</i>	44
Figura 19: Proceso de selección para normalidad.....	45
Figura 20: Resultados de la significancia de Kolmogorov - Smirnov.....	45
Figura 21: Diagrama de flujo de desarrollo de la investigación.....	47
Figura 22: Ubicación del lugar de extracción del suelo.....	48
Figura 23: Partición de muestra en dos porciones.....	57
Figura 24: Curvas típicas de compactación (Shuan, 2004).....	63
Figura 25: Curva granulométrica de la arena gruesa.....	77
Figura 26: Conductividad (ds/m) de la materia prima.....	78
Figura 27: Difracto grama de la tierra.....	80
Figura 28: Curva granulométrica de la tierra, proporción de mezcla 3:1 y 2:1.....	81
Figura 29: Diagrama de textura.....	82
Figura 30: Gravedad específica de los suelos.....	83
Figura 31: Proctor modificado de los suelos.....	84
Figura 32: Resistencia a la compresión – Paraloid.....	85
Figura 33: Resistencia a la compresión – Silicato de etilo.....	86
Figura 34: Durabilidad – Paraloid.....	87
Figura 35: Durabilidad – Silicato de etilo.....	88
Figura 36: L, a, b – Paraloid.....	89
Figura 37: L, a, b – Silicato de etilo.....	90
Figura 38: Dispersión de valores en sistema CIE L*a*b*.....	91
Figura 39: Costo aplicación con paraloid.....	92
Figura 40: Costo aplicación con silicato de etilo.....	92
Figura 41: Gráfica de normalidad de los resultados de compresión.....	93
Figura 42: Analisis granulometrico del agregado.....	130
Figura 43: Lavado por la malla N°200.....	130
Figura 44: elaborando los ensayos de límites de Atterberg.....	131
Figura 45: Gravedad especificas de la tierra y de las proporciones de suelos.....	131
Figura 46: Medición de Ph y conductividad.....	131
Figura 47: Proctor modificado.....	132
Figura 48: Consolidando los morteros bajo supervisión de un especialista en conservación.....	132
Figura 49: Almacenamiento de morteros bajo sombra.....	132
Figura 50: Muestra de tierra – ensayo de Hidrometria.....	133
Figura 51: Conformación de morteros.....	133
Figura 52: Pruebas pre liminares de durabilidad.....	133
Figura 53: <i>Monitero del ensayo de durabilidad</i>	134
Figura 54: <i>Morteros consolidados 2horas de ensayo</i>	134
Figura 55: Ensayo de durabilidad.....	134
Figura 56: Ensayo de Colorimetria.....	135
Figura 57: Ensayo de Compresión.....	135

RESUMEN

En la actualidad se busca intervenir los monumentos históricos que presenta la ciudad de Trujillo, con la aplicación de aditivos consolidantes permitiendo disminuir gran deterioro en los elementos manipulados con la consecuente pérdida irreversible de elementos históricos, por lo que la presente investigación busca contribuir a conservar los patrimonios con productos sintéticos en suelos.

Para el desarrollo se utilizó dos proporciones de suelo 2:1 y 3:1 (Arena gruesa: tierra); consolidantes: silicato de etilo disuelto en alcohol, en porcentajes de 25%, 30%, 35% y 40% y paraloid disuelto en thinner acrílico, en porcentaje de 2%, 4%, 6% y 8%. Se obtuvieron 144 morteros que fueron consolidados mediante el uso de un aspersor y fueron evaluados sobre la resistencia a la compresión, durabilidad y colorimetría.

Se desarrollaron los ensayos de caracterización para la arena y la tierra, como la granulometría, humedad, materia orgánica, gravedad específica, límite de attemberg, proctor modificado, conductividad, pH y el análisis químico mineralógico por DRX

Se determino que mejores propiedades mecánicas ofrece la proporción de suelo 2:1 (Arena gruesa: tierra), el porcentaje óptimo de paraloid es de 4% obteniendo en durabilidad en agua, apenas un 4.2% y 1.9% de desprendimiento de material en las proporciones de suelo 3:1 y 2:1, respectivamente, la alteración del color es mínimo y no llega a la resistencia mínima requerida por norma, solo al aplicarle el 8% de paraloid alcanza el mínimo de resistencia, obteniendo 10.2 Kg/cm². Y el porcentaje óptimo de dosis de silicato de etilo es del 25%, obteniendo las resistencias de 14.1 Kg/cm² y 17.4 Kg/cm², en las proporciones de suelo 3:1 y 2:1, correspondientemente. La alteración del color es desapercibida y el desprendimiento de material frente a la durabilidad en agua es de 4.7% y 2.4% en las proporciones de suelo 3:1 y 2:1, respectivamente.

Finalmente, a medida que aumenta la dosis de consolidante se obtienen mejores resultados, pero el costo de su aplicación aumenta, de esta manera los consolidante ayudaría a mejorar los morteros de conservación en el centro histórico que son testimonios de civilizaciones pasadas, patrimonio cultural de la humanidad que válida para una cuidadosa intervención conservativa.

ABSTRACT

At present it is sought to intervene the historical monuments that the city of Trujillo presents, which are mostly in the city's civic center. At present they intervene causing a great deterioration in the elements manipulated with the consequent irreversible loss of historical elements, so the present investigation seeks to contribute to the solution of the problem concerning the way of conserving, based on the results obtained in the investigation. As an alternative to improve its physical and mechanical properties for conservation mortars, is the application of consolidants.

For the development two proportions of soil 2: 1 and 3: 1 were used (coarse sand: earth); Consolidants: ethyl silicate, in percentages of 25%, 30%, 35% and 40% and paraloid, in percentage of 2%, 4%, 6% and 8%. 144 mortars were obtained that were consolidated through the use of a sprinkler and were evaluated on compressive strength, durability and colorimetry.

Characterization tests for sand and soil were developed, such as grain size, moisture content, organic matter, specific gravity, atterberg limit, modified proctor, conductivity, pH and DRX mineralogical chemical analysis.

It was determined that better mechanical properties offer the ratio of 2: 1 soil, the optimum percentage of paraloid is 4% obtaining in durability in water, only 4.2% and 1.9% of material release in the proportions of soil 3: 1 and 2: 1, respectively, the color alteration is minimal and does not reach the minimum resistance required by standard, only when applying 8% paraloid it reaches the minimum resistance, obtaining 10.2 Kg/cm². And the optimum percentage of ethyl silicate dose is 25%, obtaining the resistance of 14.1 Kg / cm² and 17.4 Kg/cm², in the proportions of soil 3: 1 and 2: 1, correspondingly. The color alteration is unnoticed and the shedding of material against durability in water is 4.7% and 2.4% in the proportions of soil 3: 1 and 2: 1, respectively.

Finally, as the dose of consolidant increases, better results are obtained, but the cost of its application increases, in this way the consolidants would help improve conservation mortars in the historic center that are testimonies of past civilizations, cultural heritage of the humanity is declared or not as such, reason more than valid for a careful conservative intervention.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En la actualidad, la conservación del patrimonio ha adquirido un interés creciente por parte de diversos investigadores, el auge industrial producido en los núcleos urbanos durante el último siglo ha originado una mayor concienciación de la importancia que tiene la conservación del patrimonio, así como de los problemas que causan degradación en los distintos monumentos histórico-artísticos. Un diagnóstico correcto, se consigue con un estudio multidisciplinar por parte de los distintos investigadores desde todos los puntos de vista, para así poder adoptar las medidas más efectivas de cara a su restauración y conservación (Igea, 2011).

La intervención en estructuras contemporáneas resulta ser también un trabajo delicado, pero el que se debe realizar en estructuras históricas posee mayor grado de complejidad, esto debido a la dificultad que genera enfrentarse a materiales muchas veces de propiedades desconocidas, sistemas constructivos particulares, imposibilidad de realizar ensayos destructivos sobre la estructura, y la mínima intervención o impacto visual que se exige sobre ellas (Casanova, 2005)

Figura 1: *Intervención de templo histórico en México*



Fuente: Inmobiliaria y constructora Phase Cero, 2018

La preocupación por la conservación del patrimonio en nuestro siglo arranca con la carta de Atenas (1931 y 1933), derivada de un congreso internacional de Arquitectura sobre

conservación de Monumentos de arte e historia, en esta carta se legitima, siempre y cuando las condiciones lo permitan, la práctica de la recomposición de los elementos originales encontrados, pero teniendo en cuenta que los nuevos materiales necesarios para este fin deberán ser siempre reconocibles. El interés de las personas por la conservación de los restos del pasado comienza a producirse en este siglo, cuando se amplía la educación a todas las capas de la sociedad (Gutierrez & Marqueze, 2001)

La tierra es sin dudas el material de construcción más antiguo de los empleados por el hombre en su evolución histórica. Paradójicamente, ha llegado hasta el presente constituyendo prácticamente la única alternativa para que una parte significativa de la humanidad pueda disponer de una vivienda en condiciones mínimas de habitabilidad. Este aspecto de la crisis de índole social impuesta por las limitaciones económicas de una amplia porción de la población mundial ha merecido la atención de reconocidas instituciones técnicas y científicas en diferentes partes del planeta. Estas instituciones han emprendido el estudio riguroso y sistemático de la tierra, en las diferentes técnicas constructivas que la emplean, para superar sus raíces empíricas, dominar científicamente todos los aspectos del tema y conducir su aplicación práctica por las vías más racionales, económicas y seguras (Toirac, 2008).

La conservación y restauración de riquezas culturales es una actividad profesional dedicada a promover la permanencia de aquellas manifestaciones culturales y artísticas, de tal manera que al protegerlas y rescatarlas responsablemente se logren transmitir a generaciones futuras, al asegurar su uso actual y al respetar su significado histórico, artístico y social (Varas, 2018).

Para este año 2019 en el Perú se invertirán más de 192 millones de soles para la puesta en valor y uso social del patrimonio cultural, destacan la conservación o restauración de 3312 bienes muebles, y el saneamiento de 70 monumentos arqueológicos prehispánicos, además se prevé más de 442 000 nuevos visitantes a los museos, monumentos arqueológicos y lugares históricos administrados por el estado (Ministerio de cultura, 2018).

En la entrevista a la titular de la Dirección Desconcentrada de Cultura de La Libertad, María Elena Córdova, precisa que en Trujillo cuenta con 229 monumentos históricos, entre casonas y templos católicos (RPP Noticias, 2018).

En la carta de Cracovia de 2000, en su apartado 10, nos dice que las técnicas de conservación o protección deben estar estrictamente vinculadas a la investigación pluridisciplinar científica sobre materiales y tecnologías usadas para la construcción, reparación y/o restauración del patrimonio edificado.

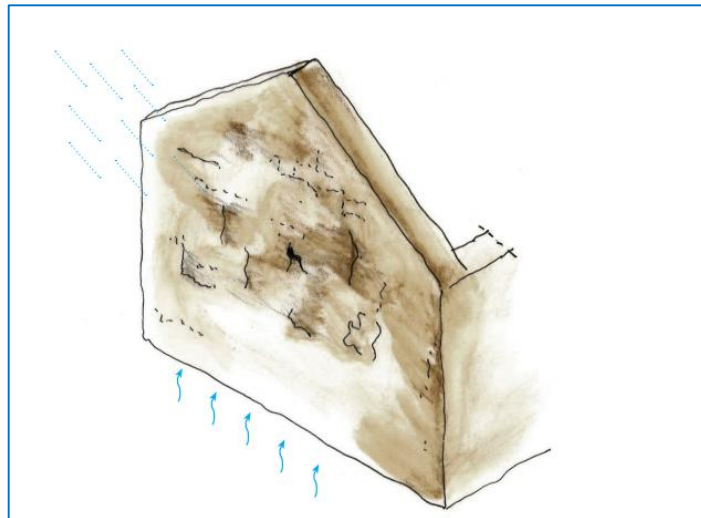
En el pasado únicamente aquellos edificios que destacaban, ya fuera por su valor monumental, histórico o simbólico, eran objeto de la mirada y la atención de la sociedad, que exigía su conservación y mantenimiento como testimonio de la memoria histórica y símbolo de identidad cultural de los pueblos, en los últimos años venimos asistiendo al proceso inverso: los ciudadanos reclaman con fuerza la intervención conservadora en todo

aquello que "huela" a antiguo y los gobiernos (nacionales, municipales y autonómicos), conscientes de esto, se apresuran por satisfacer esta creciente demanda (Collado, 2003) En España, la necesidad incesante de mantener los edificios y monumentos inalterados ha motivado sucesivas intervenciones de restauración con materiales de uso en cada época pero que, en muchas ocasiones, eran incompatibles con las características de los materiales originales. Ejemplo de ello, son las numerosas y recientes restauraciones donde el empleo de morteros de cemento ha provocado lamentables consecuencias en la conservación del monumento. Aunque estos morteros poseen buenas propiedades físico – mecánicas, son incompatibles con los elementos de fábrica y talla tradicionales, son bastante menos porosos y elásticos, poseen diferente comportamiento térmico y mecánico, y además, presentan un alto contenido en sales solubles, teniendo consecuencias desastrosas (Mas, 2006).

Los materiales constructivos más antiguos que ha empleado el hombre para la construcción de grandes monumentos arqueológicos principalmente en nuestra costa norte del Perú, conjuntamente con la metodología de elaboración y su sistema constructivo han originado que a través del tiempo aun perduren hasta nuestros días las evidencias de los diferentes componentes estructurales a pesar de haber transcurrido cientos de años desde su edificación. Una gran cantidad de monumentos históricos de tierra en el Perú, a través del tiempo han sufrido alteraciones por diversos factores tanto internos como externos; dentro de los externos tenemos los de origen natural (intemperismo) y antrópico (daño causado por el hombre), dentro de los internos podemos considerar cambios en los componentes mineralógicos por consiguiente alteración de la calidad del material seguido de fisura miento de los elementos. Eso nos lleva a comprender la destrucción que ha tenido en los últimos tiempos, la indiferencia de nosotros como vecinos y de nuestras autoridades y también el trabajo y esfuerzo de muchos para conservarlas (Contreras, 2016)

La construcción a base de tierra presenta problemas comunes debido a una inadecuada práctica o al tiempo de uso, dentro de ellos tenemos la presencia de agentes atmosféricos que se refiere a deterioros debidos a la lluvia, humedad, viento y temperatura. Como se observa en la figura N°01, se observan manchas oscuras en la parte superior del muro cierto deterioro y desprendimiento localizado del enlucido, el deterioro es debido por la erosión debida de las lluvias, exposición directa al viento, humedad, la falta de mantenimiento de los techos y enlucidos. (MVCS, 2014)

Figura 2: Deterioro por agentes atmosféricos en muros



Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de suelo MVCS, 2014

Recientemente se descubrió un sitio monumental Mochica debajo de Trujillo, se ubica a solo 6 cuadras de la plaza de Armas de Trujillo, muestra los muros perimetrales este y norte del edificio, estos tienen una altura máxima conservada de 4.5 metros y fueron construidos debajo de lo que en la actualidad es la cuadra cuatro de la calle Panamá (Comercio, 2019) Las Américas (+3%) recibieron 207 millones de llegadas de turistas internacionales en 2017, habiendo disfrutado de resultados positivos casi todos los destinos. Sudamérica (+7%) encabezó el crecimiento, seguida de Centroamérica y el Caribe (ambas +4%), habiendo mostrado esta última claros signos de recuperación después de los huracanes Irma y María. En Norteamérica (+2%), los buenos resultados de México y Canadá contrastan con el descenso en los Estados Unidos, el mayor destino de la región (Unwto, 2018)

El turismo en la provincia de Trujillo se ha incrementado en 54.5% a comparación del año pasado, y en los tres primeros meses, los principales centros arqueológicos de Trujillo (Región La Libertad) sumaron más de 106 mil durante el primer trimestre del 2018 respecto al año pasado (68.150 visitantes), el lugar más visitado es el complejo arqueológico Huaca del sol y de la luna con 37.364 turistas (República, 2018)

En la actualidad nuestro patrimonio cultural viene siendo amparado por la Ley N° 28296, Ley general del patrimonio cultural de la nación, la cual establece políticas nacionales de defensa, protección, promoción, propiedad y régimen legal y el destino de los bienes que constituyen el patrimonio cultural de la nación. El cual tiene el Artículo IV.- Declaración de interés social y necesidad pública, establece la identificación, registro, inventario, declaración, protección, restauración, investigación, conservación, puesta en valor y difusión del patrimonio cultural de la Nación y su restitución en los casos pertinentes (Ministerio de Cultura, 2016), a la par se consideran las cartas y guías para la conservación como: Carta de Venecia (1964), carta Internacional sobre la conservación y restauración de monumentos y conjuntos histórico y artístico; Cartas de Washington – EE.UU (1994), Carta internacional para la conservación de ciudades Históricas y Áreas Urbanas Históricas; Guía

para la carta de Burra (1999), procedimientos para comprender estudios e informes siendo esta una Carta Internacional para la conservación y gestión de sitios cultural.

Como parte de un paisaje cultural y como un factor de desarrollo de la campiña de Moche, definiendo una unidad geo histórica y consolidando una relación étnico – cultural aún vigente, de allí que todos los eventos ambientales, sociales y económicos que se operan en la campiña, impactan directa e indirectamente en las frágiles estructuras arqueológicas de tierra, por estas razones, se debe analizar las condiciones negativas que interactúan en el entorno de las huacas de moche, Más aun cuando este escenario rural, está considerado como uno de los centros de producción agropecuaria más importante de los alrededores del Trujillo Metropolitano (Morales R. , Impacto de la Gestión Ambiental y Turístico Cultural en la Conservación de las Huacas de Moche, Valle de Moche, 2007)

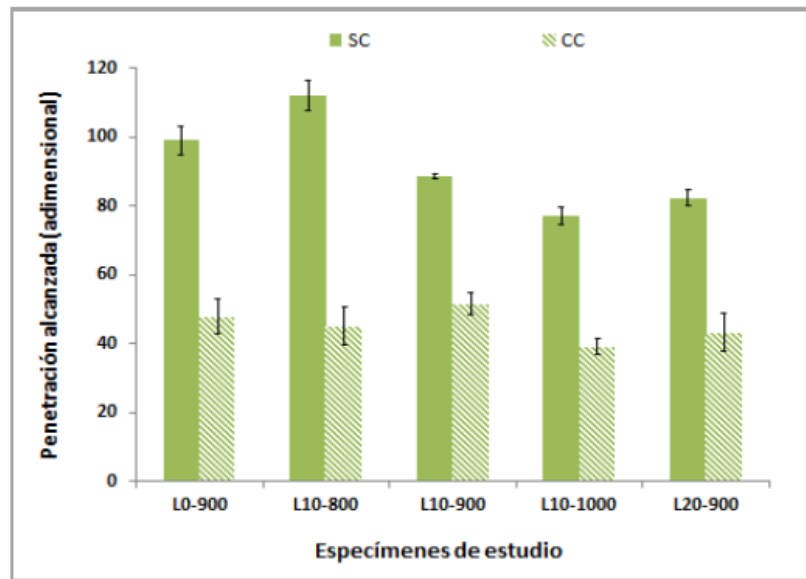
Por lo expuesto anteriormente, era de vital interés el haber evaluado y logrado determinar el mejor diseño de un mortero consolidado y proporción de suelo, ya que mejoró sus propiedades (compresión, durabilidad y colorimetría), viéndose reflejada en una mejor respuesta frente a los factores de deterioro antes mencionados, alargando así su tiempo de vida útil, ya que dicho mortero soportara las exposiciones a fenómenos de la naturaleza.

1.2 Antecedentes

En la investigación "Effect of the impregnation treatment with Paraloid B-72 on the properties of old Portuguese ceramic tiles", los autores Vaz, Pires & Carvalho (2008), en Portugal, se obtuvo información del porcentaje máximo de paraloid B-72 que será aplicable para la consolidación de la superficie para el adobe arqueológico, estableciendo el rango desde el mínimo de 2% hasta el máximo designado en una variación de 2.

(Soto, 2014) en Chile, tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la ingeniería, denominada "Evaluación de la efectividad del silicato de etilo como consolidante para rehabilitar albañilería en edificios patrimoniales", evaluó 3 propiedades mecánicas (dureza superficial, resistencia a compresión y flexión) al aplicar el consolidante por inmersión a 1 hora la inmersión total obtuvo retenciones de consolidantes entre 4.9% y 5.9%, como se observa en la figura N°03, los especímenes L10-800 Y L0-900 lograron las mayores disminuciones en la profundidad de penetración (aumento en la dureza superficial): 59.6% y 51.5% respectivamente. Se observa que los especímenes consolidados se aproximaron a un mismo límite de dureza entre 40 a 50 unidades de penetración

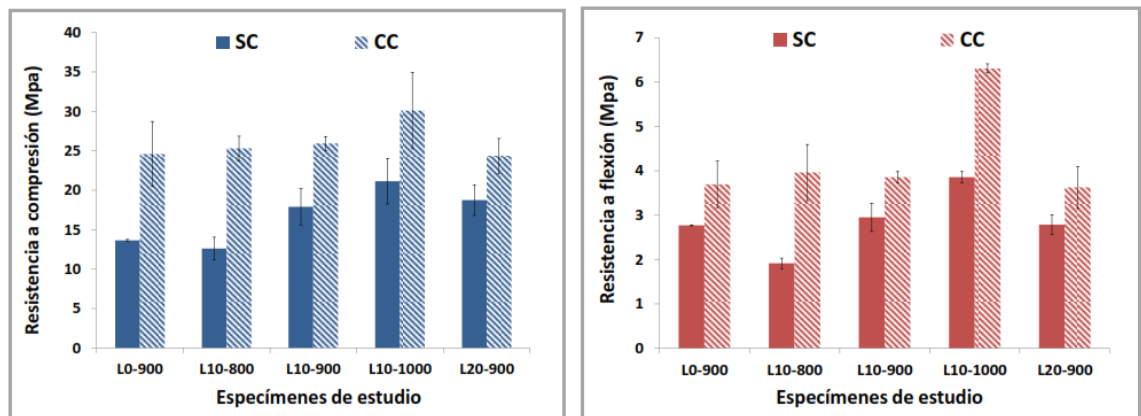
Figura 3: Penetración superficial alcanzada por la bola de acero (6mm)



Fuente: Soto M., 2014

Los resultados de resistencia a compresión y flexión, se muestran en las figura N°04. Donde los especímenes consolidados (excepto L10-1000), se presentó una resistencia a la compresión y flexión de aproximadamente 25 Mpa y 4Mpa, respectivamente. Estos incrementos se deben por una interacción sustrato – consolidante, (debido a vitrificación), lo que podría aportar mejoras adicionales en la matriz. El aporte del silicato de etilo es considerable dando buenos resultados en sus propiedades mecánicas.

Figura 4: Aumento de resistencia a compresión y flexión sin y con consolidante



Fuente: Soto M., 2014

En Italia la investigación denominada "Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación", el autor Chiari (1983), comenta que es importante identificar el grupo de arcilla de las montmorillonitas, debido a sus propiedades de enorme expansión – contracción, se deberá evitar, para eliminar grietas. También nos indica que un tratamiento efectivo de la superficie debe tener las siguientes características: debe hacer a la superficie de barro resistente al agua, las partículas de enlucido no podrán desprenderse

por la acción del agua, el material que se utilizó es el silicato de etilo, después de la impregnación y la hidrólisis, la parte alcohólica de éste se evapora, dejando una red tridimensional de tetraedros de sílice que constituyen una serie de puentes entre las partículas de arcilla, evitando que éstos se suelten cuando entran en contacto con el agua. Para ello es fundamental analizar la composición química del material donde se priorice el mínimo porcentaje de composición de montmorillonita.

Y en otras de sus investigaciones "Protección y conservación de estructuras excavadas de adobe", conjuntamente los autores (Alva & Chiari, 1984), nos indica que las superficies tratadas con silicato de etilo se utilizan es de alrededor de 1 litro por metro cuadrado, la mezcla tiene 1/2 de silicato y alcohol etílico (96%). Sin embargo, en este último "II Seminario internacional de investigación para la conservación de estructuras y superficies arquitectónicas prehispánicas de tierra" que se realizó este año en nuestra ciudad de Trujillo, el conferencista Ricardo Morales nos mencionó sobre el uso del silicato, comentándonos que para facilitar la adherencia definitiva y uniformizar su consistencia, se debe aplicar para 1 m² de muro se utiliza 1.5 litros de solución (1 litro de alcohol x ½ litro de silicato) mediante aspersión, del cual se escogió como dato 1.5 litros de solución total y se hizo en base a ello para hacer las dosificaciones del aditivo consolidante en la tesis (Morales, 2019).

En la investigación denominada "Análisis de la influencia del tipo de fibra en polímeros, usando estabilizador de polímero orgánico natural". El autor Rivera (2014), hizo una comparación del efecto de las fibras de polipropileno y lana sobre las propiedades mecánicas de suelos estabilizados basados en polímeros naturales. El objetivo fue hallar la influencia de diferentes suelos estabilizados, reforzados con fibras de polímeros naturales en las propiedades mecánicas y características de adhesión a la fibra, la comparación de polipropileno frente a fibra de lana para los cuatro tipos de suelo: amarillo con IP (índice de plasticidad) de 21.7%, blanco IP= 29.9%, negro IP= 20.2% y rojo IP=11.5%. Estos fueron estabilizados con alginato seco como sales solubles del ácido alginico (15% de alginato de sodio rellenos de calcio) y fue aplicado al 1% de la mezcla total. Concluye que el suelo amarillo es el que presenta mayor resistencia para compresión 47.9 Kg/cm²

En la tesis denominada "Influencia del tipo de tierra, agregados y proporción de mezcla sobre la resistencia a la compresión, contracción y deformabilidad en morteros arqueológicos de la huaca de la luna", los autores Marin & Rodriguez (2018), tuvo como finalidad evaluar la influencia del tipo de tierra (amarilla o marrón), agregado (arena fina o arena gruesa) y proporción agregado: tierra (3:1,3:2,3:3). Los resultados más óptimos de la investigación fueron, con arena gruesa, para la tierra amarilla una resistencia a la compresión de 21 kg/cm² a una proporción de 3:1 y para la tierra marrón una resistencia a la compresión de 5 kg/cm² a una proporción 3:2.

Mendoza (2018) en Perú su tesis "Influencia del silicato de etilo 40 y paralob B-72, sobre la penetración de agua y porosidad superficial en adobes arqueológicos marrones de la huaca de la luna", los adobes fueron escogidos de lugares estratégicos del complejo arqueológico y se aplicó superficialmente, silicato en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, el

paraloid fue agregado en 2%, 4%, 6% y 8% con la finalidad de mejorar sus propiedades, evaluó el ensayo de penetración del agua y porosidad superficial. La dosis óptima de silicato de etilo 40, es de 50%, también la dosis óptima de paraloid B72 de un 8% el cual generó un mayor grado de impermeabilización y consolidación en los adobes arqueológicos. obteniendo resultados por encima de su patrón, para el caso de penetración de agua disminuyo de 3.2 mm a 0.40 mm y en cuanto a porosidad superficial de $670 \mu m^2$ a $193 \mu m^2$, llegando a impermeabilizar los adobes arqueológicos.

Vargas (2018) en Perú su tesis "Influencia del porcentaje de PVA y tipo de arena sobre la contracción, durabilidad, compresión y desgastes erosivo en morteros de sacrificio en el proyecto arqueológico huaca del sol y la luna", tuvo como finalidad evaluar las propiedades de resistencia a la compresión, contracción volumétrica, desgastes erosivo y durabilidad por saturación en agua de morteros de tierra, la mezcla que utilizó consistió, tierra arcillosa. Dos tipos de arena fina y gruesa, las adiciones de acetato de polivinilo (PVA) con porcentajes de 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, obteniendo los mejores resultados con arena gruesa, con 8% de PVA donde alcanzo 81 Kg/cm^2 en la compresión y una pérdida de 1.33g en el ensayo de desgaste erosivo.

En la tesis denominada "Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo", Nureña (2017), concluye que la mejor combinación de tierra para un adobe sin la necesidad de usar el cemento como estabilizante es 50% de arena y 50% de limos – arcilla dando un valor de 26 Kg/cm^2 en condiciones de equilibrio ya que en estado saturado se deshizo.

En la tesis denominada "Influencia de los tipos de cal y proporción en morteros para la conservación sobre la compresión, contracción, densidad, absorción y fraguado, Trujillo 2018", para la obtención del título de ingeniero civil, Varas (2018), su finalidad fue evaluar la influencia de los tipos de cal y proporción. Utilizó arena grano grueso con módulo de finura de 2.5; cal Martell, Hades, Informal I, Informal II, Informal III e Informal IV, con agua constante y con dosificaciones de reemplazo de cal por arena de 100%:0, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30% y 60%:40%. Los resultados más óptimos fueron con baja porosidad con una resistencia máxima de 22 kg/cm^2 , densidad de 1448 kg/m^3 , absorción de 22%, un tiempo de fraguado de 540 minutos con una temperatura de $22.3 \text{ }^\circ\text{C}$ y se contrae 2.4 %.

En la investigación " La conservación de estructuras y decoraciones de adobe en Chan Chan", que presento para el simposio internacional y curso – taller sobre conservación del adobe, (Morales, 1983). Con la finalidad de evaluar los parámetros: color, resistencia a la gota de agua y dureza superficial; efectuó una serie de pruebas en base a tres patrones de mezclas de arena y tierra (2:1, 2.5:1, 3:1) a los que se añadió cal en unas y cementos en otras tantas, en porcentajes de 2.5 / 5 / 7.5 / 10 / 15 y 20%, la prueba que obtuvo mejor resultado fue la de cal al 10% en las tres mezclas patrón, sin embargo la tonalidad blanquecina fue un problema dentro de la investigación. También se realizo una serie de pruebas aplicando sustancias químicas de naturaleza plásticas; estos productos fueron el Primal AC-33 (Emulsión Acrílica), Mowilith DM 1H (Acetato de Polivinilo), Paraloid B-72

(Copolímero Acrílico), Bedacryl 122-X (Metracrilato), Calatón CB (Nylon Soluble), estas soluciones no lograron los resultados esperados (máximo a 5%); sin embargo el que mejor satisfacciones ha dado por su carácter hidrofugante, proporcionar buena consistencia y mínima alteración del color del adobe, es el silicato de etilo 40, combinado con alcohol etílico de 96% y ácido clorhídrico; la aplicación del consolidado fue por inmersión donde se sumergieron dos muestras de relieve en agua, al cabo de 4 resistió sin alteración, en cambio uno sin ser consolidado a los 10 minutos quedo totalmente destruido.

En la revista ALCONPAT denominado "Colorimetría de arcillas modificadas con adiciones minerales y orgánicas, Mexico", el autor Martinez (2018), busca cuantificar los valores de los diferentes colores obtenidos en arcillas con adiciones, comparados contra una arcilla base, las adiciones son yeso, cal, mucilago de cactus opuntia, cemento portland e hidróxido de sodio, los porcentajes fueron 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, establece que las adiciones de cemento portland, hidróxido de sodio y mucilago de nopal son las más parecidas colorimétricamente a la arcilla natural, de esta forma el objeto restaurado conservará, en gran medida, sus propiedades colorimétricas.

La norma E080_2006, nos recomienda el uso de degradación para el uso del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10 – 20%, limo 15 – 25% y arena 55 – 70%, años posteriores se modifica por la norma E080_2017 "Diseño y construcción con tierra reforzada" donde sugiere aplicar la prueba de dosificación de suelo – arena gruesa, que consta en la preparación de los diferentes especímenes, empezando de la proporción (Suelo: arena gruesa) 1:0, 1:1/2, 1:1 y así sucesivamente hasta la proporción 1:3, hasta que se encuentre una muestra equilibrada, basada en el agrietamiento del mortero.

1.3 Bases teóricas

1.3.1. Suelo

El suelo se define como el agregado no cementado de grano minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas.

El tamaño de las partículas en un depósito de suelo tiene influencias en las propiedades y en el comportamiento del depósito. Por lo tanto, las partículas de un suelo se describen en función de su tamaño como: gravas, arenas, limos y arcillas. (Espinace & Sanhueza, 2004).

Gravas: Agregado sin cohesión con tamaño de grano entre 4.76 mm y 80mm. Se caracterizan porque los granos son observables directamente. No retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes vacíos entre las partículas.

Arenas: Partículas con tamaño entre 0.074 mm y 4.76 mm, aún son observables a simple vista. Cuando se mezclan con agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con

facilidad.

Dentro de las arenas, se puede distinguir una subclasificación: arena gruesa (tamaño entre 2 y 4.76 mm), arena media (entre 0.425 y 2 mm) y arena fina (entre 0.074 y 0.425 mm).

Limos: Partículas no plásticas con tamaño comprendido entre 0.002 mm y 0.074 mm. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua – limo y se coloca sobre la palma de la mano, se observa como el agua se exuda con facilidad al dar golpes con la otra mano.

Arcillas: Grano plástico, cohesivo, con tamaño inferior a los limos. Se trata de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformación química para llegar a estos tamaños (menor que 0.002 mm). Están formadas, principalmente, por minerales silicatos, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos, unidas por enlaces covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas, produciendo a veces, aumentos de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas), por lo que son generalmente los materiales más problemáticos (tiempos muy elevados de consolidación o de expulsión de agua bajo esfuerzos).

1.3.1.1. Tipos de suelos

En los aspectos de ingeniería de la composición del suelo examinan las diferencias en textura, fuerza y consistencia que distinguen suelos cohesivos de ambientes de suelos no cohesivos.

- Suelo no cohesivo: Las partículas no tienden a juntarse ni adherirse, sus partículas son relativamente grandes, también llamados suelos granulares o friccionantes (arenas, gravas y limos).
- Suelo cohesivo: Existen partículas muy pequeñas donde predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua/partícula) en suelos plásticos como las arcillas.
- Suelos orgánicos: Son suelos esponjosos, con grumos y compresibles. Estos están prohibidos

para soportes de estructuras de ingeniería.

El suelo cohesivo contiene pequeñas partículas y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a sí mismo. Cuando el suelo es más cohesivo, es porque tiene mayor cantidad de arcilla, y presenta menos probabilidades de que se produzca un derrumbe. Los suelos granulares están formados por partículas gruesas como la arena o la grava.

La presencia o ausencia de arcilla o partículas finas determina las cualidades cohesivas encontradas dentro de un entorno de suelo. En efecto, arcilla y materiales de partículas más finas actúan como agentes que mantienen el suelo junto (Cipsa, 2019)

1.3.2. Minerales

Los minerales son los constituyentes sólidos de todas las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Un mineral puede ser definido como sustancia homogénea de uno o más elementos, formados mediante procesos inorgánicos naturales; se caracterizan por una composición química definida, estructura atómica determinada y por sus propiedades físicas. Se clasifican de acuerdo a su composición química, tipo de cristal, dureza y apariencia (color, brillo y opacidad). (Espinace & Sanhueza, 2004)

Los silicatos son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen el 95% de la corteza terrestre, todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno.

Las principales familias de minerales que conforman el suelo son:

- ✓ Feldespatos: Los componentes principales de este grupo son: Ortoclasa, plagioclasa, microlina. Suelen ser componentes minoritarios, heredados o residuales de la roca sobre la que se forma el suelo, pues son metaestables en medio atmosférico, tendiendo a transformarse en minerales de la arcilla. Al igual que el cuarzo, conforman la fracción arenosa del suelo, si bien en este caso le confieren una cierta reactividad.
- ✓ Cuarzo: Es un mineral muy común en los suelos, constituyentes esenciales de los granitos. Componente principal, de igual nombre. Muchas arenas y areniscas tienen al cuarzo como principal constituyente, los granos tienen una alta resistencia a la abrasión y transporte. Confiere al suelo buena parte de su porosidad, debido a que suele estar en forma de granos más o menos gruesos, lo que permite el desarrollo de la porosidad intergranular. Además, es un componente muy inerte, muy poco reactivo, del suelo.

- ✓ Micas: Tienen la propiedad característica de separarse en hojuelas muy delgadas, sus componentes principales son: Biotita (negra) y Muscovita (incolora o con ligero tinte).
- ✓ Minerales de la arcilla: Son minerales también muy abundantes en el suelo, constituyendo la matriz general del mismo, la componente intergranular entre la fracción arenosa y los fragmentos de roca, principales componentes: illita, que se forma a partir de feldespatos y micas; la clorita; la pirofilita; los filosilicatos del grupo de las arcillas especiales (esmectita-bentonita, sepiolita, palygorskita y montmorillonita) que por sus características especiales confieren al suelo propiedades mecánicas diferentes a las habituales (suelos expansivos, suelos inestables). Los minerales de este grupo juegan un papel muy importante en la textura y en la físico-química del suelo, pues le confieren plasticidad, impermeabilidad, así como otras propiedades mecánicas y de relación entre el suelo y el agua que contiene. (Higuera & Oyarzun, 2019). Desde el punto de vista estructural, una gran parte de la arcilla es amorfa o muestra un mínimo grado de cristalización. Cuando la arcilla es cristalina, presenta una estructura de capas: la capa de sílice está reforzada por tetraédros que contienen si al centro y oxígeno o grupos de oxidrilos (OH) en las esquinas. Se puede unir estas capas en diversas combinaciones, puede aceptar cationes positivos intersticiales (para compensar la falta de carga positiva debido a la sustitución de hierro – aluminio), y agua, creando así las varias familias de arcilla (caolín, illita, montmorillonita, clorita). (Chiari, 1983)

1.3.3. Clasificación de suelos

Existen dos vías para proceder a la clasificación de los suelos, la primera y más precisa, es por medio de ensayos físicos de laboratorio. La segunda, mucho menos precisa, es por medio de ensayos elementales de campo que no requieren una tecnología especializada.

Según sea la necesidad de clasificar suelos para un plan de construcción de varias obras o que se requiera para una obra aislada, se tomaría el método de laboratorio o de campo respectivamente. Los ensayos básicos para clasificar los suelos son: Ensayos de granulometría y ensayos de límites de consistencia. (Toirac, 2008)

1.3.3.1. Ensayos elementales de campo

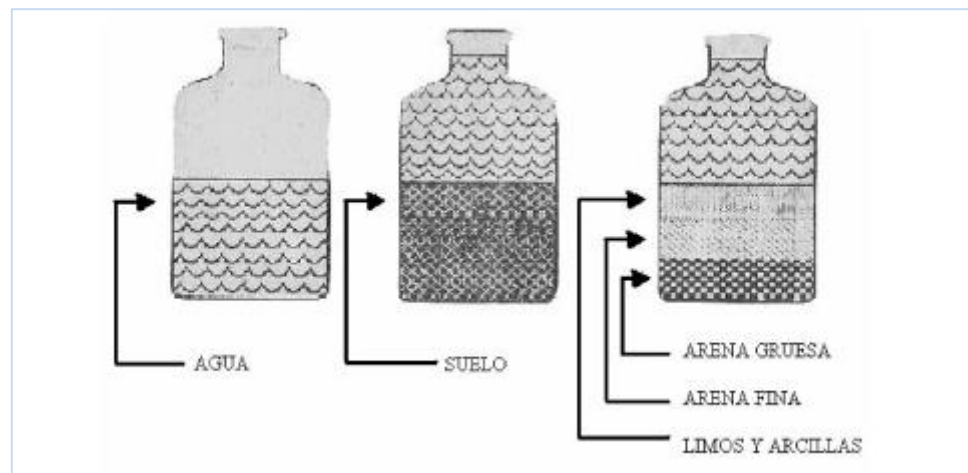
Los procedimientos o ensayos que pueden realizarse sin tecnología especializada y a pie de obra, más que clasificar los suelos, permiten identificarlos de manera orientativa.

- ✓ Ensayo de la botella de sedimentación
Permite obtener información sobre el contenido granulométrico del suelo, de forma aproximada. Se requiere para realizar este ensayo un frasco

transparente de boca ancha, fondo plano y lados rectos. Se llena primeramente el pomo hasta un tercio de su altura con agua limpia, después se añade un volumen equivalente de una muestra representativa del suelo (secado al aire y eliminadas las fracciones superiores a 5 mm) en el pomo con agua. Finalmente se añade una cucharita de sal común y se tapa herméticamente el pomo para proceder a batir la mezcla por uno tres minutos aproximadamente para que la sal (que trabaja como defloculante) pueda separar todas las partículas finas del suelo. Concluido el batido, se deja reposar la mezcla 30 minutos sobre una mesa.

Se repite la operación de batido por segunda vez, durante unos dos minutos y se somete a reposo sobre la mesa. Unos minutos después, el agua comenzará a aclararse, las partículas descenderán más despacio y por lo tanto se depositarán en la parte superior sobre las partículas más gruesas. Se observarán claramente de dos a tres capas, arenas gruesas, finas y posiblemente limos y arcillas. De esta forma se puede medir la altura total de la muestra y la de las capas individuales que llevando a por ciento nos dará una idea aproximada de la granulometría del suelo. En la figura N°05 se podrá observar este ensayo.

Figura 5: Ensayo de botella



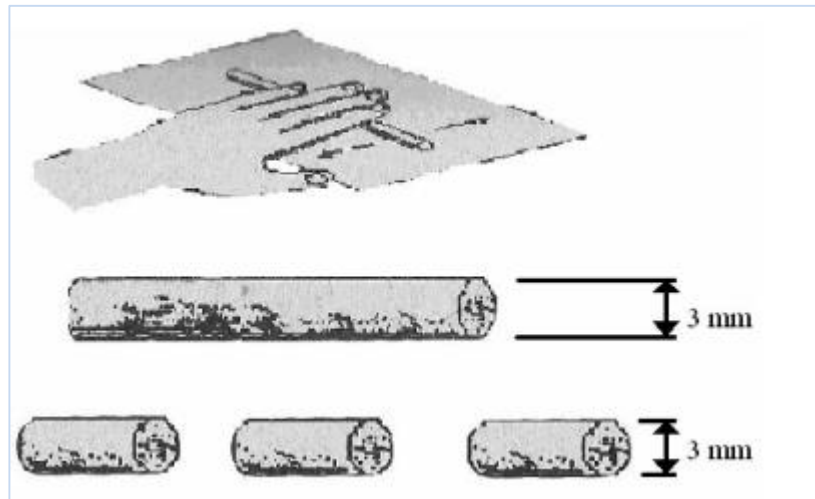
Fuente: Toirac J., 2008

✓ Ensayo del bastoncillo

Para determinar aproximadamente la plasticidad de un suelo fino y por ende su contenido mayor o menor de arcilla se emplea el denominado “ensayo del bastoncillo”. Este ensayo consiste en tomar la fracción fina de un suelo secado al aire y proceder a añadirle agua hasta que el suelo pueda moldearse como plastilina. Inmediatamente después se pasa a fabricar un “bastoncillo” sobre una superficie lisa y plana con la palma o dedos de la mano, como se muestra en la figura N°06. Si al alcanzar un diámetro de 3mm, el “bastoncillo” no se ha agrietado o fracturado, se estará en presencia

de un suelo altamente plástico, lo que implica un contenido elevado de arcilla contrario si el “bastoncillo” se fractura antes o en el momento de alcanzar los 3mm, se estará en presencia de un suelo poco plástico o limoso.

Figura 6: Ensayo del bastoncillo



Fuente: Toirac J., 2008

1.3.3.2. Ensayos físicos de laboratorio

Estos ensayos tienen su mayor valor para poder llevar a cabo un Control de Calidad del suelo.

✓ Clasificación SUCS

De acuerdo y ampliamente utilizados por los ingenieros (NTP 339.134, 1999), es un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico, y deberá ser utilizado cuando se requiera una clasificación precisa. El sistema unificado de clasificación se presenta en el (AnexoN°02).

El suelo se clasifica como suelo granular si más del 50% es retenido por el tamiz N°200. En cuyo caso los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G (grava) o S (arena).

En el caso que el 50% o más del material pase el tamiz N°200, se trata de suelos finos. En este caso, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M (limo inorgánico), C (arcilla inorgánica) u O (limos y arcillas orgánicas). Otros símbolos empleados en esta clasificación, tienen relación con la graduación del material, W (bien graduado) o P (mal graduado), y con la plasticidad del material fino, L (baja plasticidad, $LL < 50$) o H (alta plasticidad, $LL > 50$). (Espinace & Sanhueza, 2004)

✓ Clasificación por textura del suelo

Todos los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diferentes tamaños. Las más gruesas se denominan arenas, las medianas son los limos y las más pequeñas son las arcillas, como se muestra en la figura N°07

Figura 7: Partículas que componen el suelo

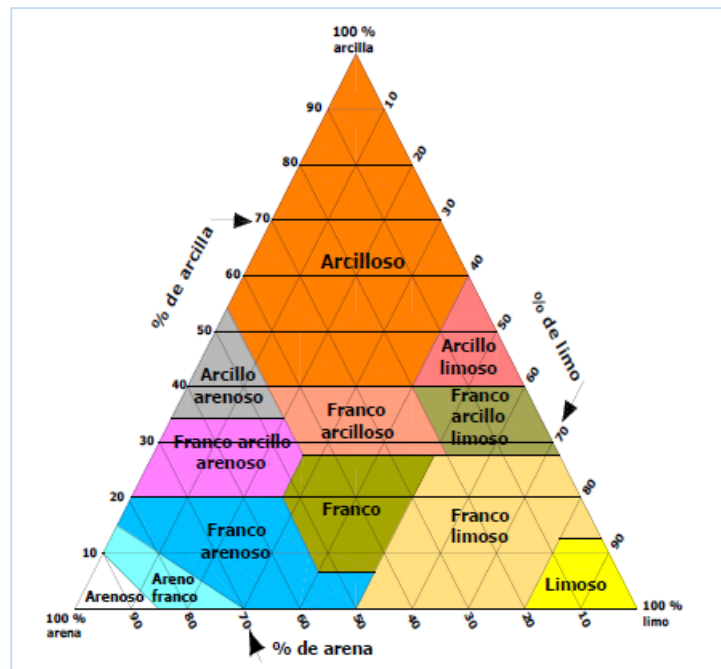


Fuente: Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico

El conjunto de arenas, limos y arcillas del suelo es el componente sólido y es lo que se denomina "TEXTURA DEL SUELO". En la práctica se presentan todas las combinaciones posibles, y la influencia de la presencia de cada uno de los tamaños de las mismas, define el tipo de textura y el comportamiento del suelo frente al agua.

Los suelos arenosos se denominan suelos sueltos, se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua. Los suelos arcillosos se denominan suelos pesados o fuertes, presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua. Los suelos franco o textura franca se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua. El triángulo de textura, como se muestra en la figura N°08. Las líneas trazadas en el triángulo (paralelas a los lados), fijan los límites porcentuales de cada componente (Arcilla, limo y arena). Por ejemplo, si un suelo contiene 60 % de arena, 30 % de limo y 10 % de arcilla corresponde a una textura franca arenosa.

Figura 8: Triangulo de textura



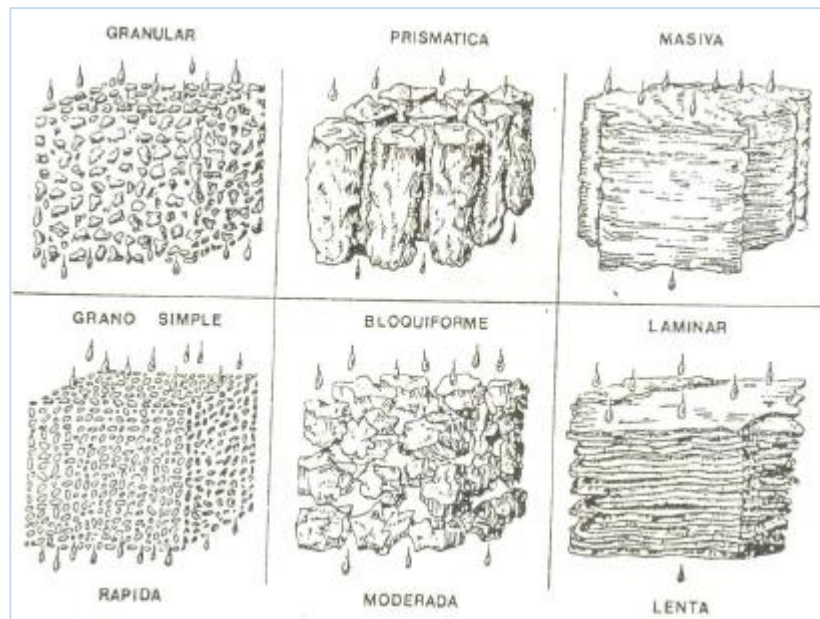
Fuente: Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico

El análisis textural o granulométrico es el conjunto de operaciones útiles para determinar las proporciones cuantitativas de cada fracción granulométrica que presenta un suelo. Existen diversas técnicas para determinación de texturas.

Se consideran suelos bien estructurados aquellos que poseen estructura granular o en bloques donde los agregados son de reducido a mediano tamaño con un espacio poroso adecuado para favorecer condiciones de aireación y exploración de raíces. Se visualiza en la imagen N°09 La estructura de tipo laminar generalmente causa problemas de infiltración, por la dificultad del agua de atravesar el perfil del suelo. La estructura prismática y masiva suelen producir problemas de infiltración y drenaje, lo cual dificulta el humedecimiento adecuado del suelo y un ambiente adecuado para el desarrollo de raíces. En los suelos naturalmente salinos, el proceso de lavado es lento requiriendo de prácticas especiales para su recuperación.

Finalmente, aunque el color no es una propiedad importante en sí misma, es una indicación de otras propiedades con que el técnico se puede encontrar. Por ejemplo, coloraciones grises más bien oscuras indican presencia de arenas. Un color beige o amarillento indica el predominio de limo y aquellos que tienden a ser entre rojizos y marrón claro pone de manifiesto que se está en presencia de un suelo de textura fina, con un elevado contenido de arcilla.

Figura 9: Principales estructuras en los suelos



Fuente: Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico

Tipos de suelo según su textura:

- Arenoso franco: En seco al frotarla entre los dedos la percepción es áspera, pero a la vista se perciben partículas más finas en muy baja proporción (limo y arcilla). Se disgrega.

Figura 10: Arenoso franco



Fuente: Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico

- Franco arenoso: En seco se percibe la arena que predomina, pero en bastante menos proporción que la anterior. Generalmente de un color marrón claro o gris.

Figura 11: *Franco arenoso*



Fuente: Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico

- Suelos de la familia fina: Al hacer una pasta consistente y amasarla y se logra formar una cinta entre 2,5 y 5 cm de largo nos encontramos con suelos que predomina textura fina con una baja proporción de arena. Si al humedecer excesivamente la pasta y frotarla entre los dedos la sensación al tacto es áspera el suelo es Franco arcilloso arenoso. Si se percibe suave es Franco arcillo limoso y si la percepción no es ni suave ni áspero es Franco arcilloso. (Ciancaglini, 2019)

1.3.4. Mortero

El Mortero es una mezcla de uno o más componentes inorgánicos, arena, agua y a veces aditivos. Los Morteros son mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir los elementos de fabrica en obra y para revestirlos con enlucidos o revocos (Academia, 2019)

En el proceso del conformado de un mortero se ven dos etapas las cuales son diferenciadas por su estado físico, que se denominan estado fresco y estado endurecido. La primera responde a la fase de la pasta una vez mezclado y amasado. Su duración varía de acuerdo con el tiempo de fraguado requerido por la proporción que integra la pasta, así como por la temperatura, humedad, etc. En esta etapa la pasta es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase el mortero endurece hasta consolidarse. Por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero. Las propiedades en estado endurecido son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias que se requiere.

1.3.4.1. Características de los morteros

- En estado fresco

A) Plasticidad

Es la característica que define la manejabilidad o trabajabilidad del mortero. Depende de la consistencia de la mezcla, de la granulometría de la arena utilizada, de la cantidad de finos y del empleo de aditivos

B) Retención de agua

Tener en cuenta la retención de agua de un mortero, es asegurarse de que la mezcla no pierde rápidamente el agua de amasado al contacto con el cuerpo cerámico del bloque, alterando su correcto proceso de fraguado.

C) Contenido de aire

A medida que aumenta el contenido en aire aumenta la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo; por el contrario, disminuye su resistencia, la adherencia y la impermeabilidad.

- En estado endurecido

A) Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica a compresión del mortero empleado en fábricas resistentes influye en la resistencia final de la fábrica. En cualquier caso, la elección del mortero se hará a criterio del proyectista, en función de la resistencia, compresión de la fábrica que se quiera conseguir.

B) Adherencia

La adherencia entre mortero y bloque depende de las características de los mismos, así como de su correcta puesta en. Una buena adherencia produce mayor resistencia global del muro y mayor impermeabilidad

1.3.5. Conservación

Según la carta del restauro, 1987, indica que la conservación es el conjunto de actuaciones de prevención y salvaguardia referidas a asegurar una duración pretendidamente ilimitada a la configuración material del objeto considerado. Refiriéndose también a las condiciones del contexto ambiental.

1.3.5.1. Principios y criterios

Las medidas encaminadas a preservar de las acciones degradantes y de las variaciones atmosféricas, térmicas e higrométricas, no deberán alterar sensiblemente el aspecto de la materia y el color de las superficies, ni exigir

modificaciones sustanciales y permanentes del ambiente en el que las obras nos han sido transmitidas históricamente, Art. 10 Carta del restauro, 1972.

La conservación se define como una disciplina con un marco teórico conformado por principios, criterios, estrategias y procedimientos ajustados a la problemática específica de la estructura u objeto a intervenir y su entorno. En este propósito, se apoya en normas internacionales como la Carta de Venecia, la filosofía de Cesare Brandi (1972), la Carta de Nara y todas las recomendaciones UNESCO, entre otros documentos que han sido compilados por Cecilia Bákula (1996).

La Carta de Cracovia del 2000, indica que el Patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen, son el resultado de una identificación con varios momentos asociados a la historia y a sus contextos socioculturales.

En 1972 se planteaba ya la exigencia de reversibilidad de toda operación restauradora y se intentaba armonizar la estética de la obra con su historia material, de la manera más equilibrada posible. La ayuda de otras ciencias se consideraba indispensable y se admitía el uso de nuevos materiales (resinas) con fines estáticos y cuando los tradicionales se mostrarán insuficientes. Se refiere fundamentalmente a los bienes muebles.

“Como una intervención a nivel de conservación, es decir, un proceso metodológico orientado a la estabilización del original en su estado actual, anulando los agentes de deterioro y reforzando su consistencia físico-mecánica, mediante un proceso de consolidación integral. De hecho, estas actividades no han de significar cambios estético-formales en la imagen fragmentada del documento. Bajo ningún concepto o justificación, la conservación debe alterar la autenticidad de los contextos culturales (Morales & Torres, 1997) ” (Morales, 2007)

1.3.5.2. Tratamientos aplicados y fase de intervención

- Preconsolidación: De las pinturas pulverulentas y quebradizas, aplicación mediante pulverizado de Paraloid B-72 en tolueno en una proporción 2:98.
- Limpieza superficial: Con medios mecánicos como; esponjas, goma de borrar, brocha suave y aspirador para toda la superficie.
- Consolidación: De los morteros y las pinturas por inyección o impregnación.
- Limpieza en profundidad: Para eliminar la suciedad más adherida a la superficie, con muñequillas de algodón.

1.3.6. Consolidación

Restablece la cohesión entre las partículas de material desintegrado y la adhesión de las diversas capas entre sí y el apoyo estructural, esto se logra aplicando materiales consolidantes que al penetrar hasta el nivel adecuado, mejorarán las características mecánicas de los revoques, para restablecer la cohesión, el consolidante debe penetrar en profundidad, por lo tanto, debe aplicarse en solución con disolventes adecuados de manera que al tener un buen poder de penetración, pueda incluso alcanzar las capas más profundas, el disolvente o la mezcla de disolventes deben tener el ritmo adecuado de evaporación, no demasiado rápido, ya que si no se evaporaría antes de que su acción tuviera efecto, y no demasiado lento, porque favorecería el depósito de polvo atmosférico sobre la superficie (Mora, 1983).

Las características de los productos de consolidación se dividen en dos grupos:

Características primarias:

- **Valor consolidante:** la función de un consolidante es restablecer la cohesión de los granos de la piedra deteriorada. Para obtener una medida cuantitativa del valor de la consolidación se realizan ensayos de resistencia a tracción y compresión, dureza superficial o resistencia a la abrasión.
- **Modificación de la porosidad:** la alterabilidad de una piedra está muy relacionada con su contenido de agua y con las posibilidades de movimiento de ésta en su interior, función de la cantidad de poros y del tamaño de éstos. Si un tratamiento produce una disminución de porosidad muy acusada o un aumento en los microporos, la alterabilidad de la piedra se verá incrementada.
- **Capacidad de transferencia de humedad:** Los consolidantes deben permitir el paso de humedad a través del material, para impedir la acumulación de agua y sales en determinadas zonas.

Características secundarias:

- **Características del producto:** tales como velocidad de curado, viscosidad, toxicidad de vapor, inflamabilidad, etc.
- **Técnica de aplicación:** implica el acondicionamiento previo del material que ha de estar limpia y seca; la impregnación, que ha de ser lo más completa posible, y el curado durante el cual, tiene lugar la evaporación del solvente y la polimerización. En esta última fase, es necesario evitar la migración hacia la superficie del consolidante, objetivo que se logra si las velocidades de evaporación y polimerización guardan una relación apropiada.
- **Características del ambiente:** en este sentido, hay que considerar la posible aparición de hielo, la presencia de gases contaminantes y su concentración, la exposición a la radiación, etc.
- **Características del sustrato:** importantes para que el tratamiento de consolidación sea correctamente aplicado. Estas características son, entre otras, la existencia de fisuras, el estado de alteración o la presencia de microorganismos.

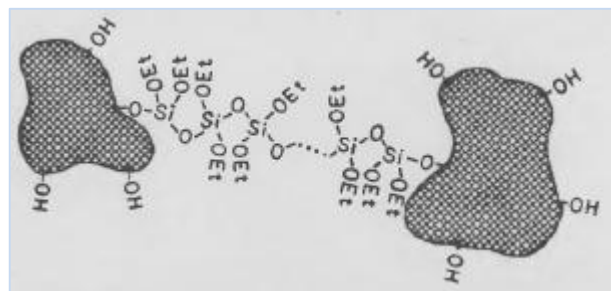
1.3.7. Silicato de etilo

Es un consolidante a base de silicato de tetraetilo, para su uso sobre bases minerales y materiales de construcción en exteriores, especialmente diseñado para su uso exclusivo sobre bases minerales ya que pasa a formar parte del sustrato aplicado, gracias a su proceso de petrificación por silicificación, reacciona con la base mineral, pasando a formar un mismo cuerpo, debido a su baja tensión superficial, cuando se aplica, penetra profundamente a través de los poros del material, y se forma un aglutinante vítreo de sílice (SiO_2), los alcoholes presentes en las moléculas se evaporan, quedando sólo la parte mineral de la molécula, la dureza final alcanza transcurridas dos semanas, cuando la mayor parte del silicato de tetraetilo se ha convertido en gel de sílice (Fakolith, 2019).

1.3.7.1. Interacción silicato y arcilla

Durante el proceso de deshidratación (secado), existe una atracción de las partículas de arcilla entre sí a través de fuerzas de tensión superficiales. Una vez deshidratada (seca), dichas partículas quedan unidas principalmente por medio de las fuerzas de Coulomb que ocurren a través del puente de hidrógeno entre los grupos OH en las partículas adyacentes. Son los grupos OH que se encuentran sobre la superficie de pequeñas partículas de arcilla, los que produce una interacción con el consolidante. Es por medio de esta acción que el consolidante entrelaza tridimensionalmente mediante el cual dos partículas de arcilla se entrelazan a través de la hidrólisis y la condensación del silicato de etilo. como se muestra en la figura N°12, donde se ilustra el mecanismo molecular mediante el cual dos partículas de arcilla se entrelazan a través de la hidrólisis y la condensación del silicato de etilo, el contenido de arcilla es decisivo para el éxito inicial del tratamiento de consolidación

Figura 12: Mecanismo molecular, interacción de dos moléculas de arcilla



Fuente: (Schwartzbaun & Lewin, 1983).

1.3.8. Paraloid

Químicamente el paraloid es un éster acrílico con un ácido metacrilato, por lo que aparece como un copolímero de etilo metacrilato. Inerte, presenta una gran dureza y resistencia. Debe disolverse antes de ser aplicado, por esto se tendrá en cuenta el grado de concentración del polímero y el tipo de disolvente empleado, sus propiedades generales son: forman películas transparentes, resistentes a la

decoloración (incluso a altas temperaturas), gran durabilidad, excelente resistencia al agua, alcohol, álcalis y ácido, resistencia a los aceites minerales, vegetales y grasas. Se disuelve en disolvente orgánicos, los cuales le determinan para su reversibilidad dando una película resistente y flexible, buena como consolidante y adhesivo.

El proceso de polimerización del paraloid es en suspensión (perlada), antes de iniciarse el proceso de polimerización se forma una suspensión del monómero en el agua (en la suspensión el diluyente es generalmente el agua). Ambos se mezclan de manera que se forma una suspensión de pequeñas gotitas del monómero en el medio acuoso, este medio actúa como fase inerte y no interviene directamente en el proceso de polimerización, pero sí lo facilita ya que permite regular y controlar el calor de la reacción, como producto final del proceso se obtienen pequeños gránulos o perlas, las cuales se separan del agua por filtración o centrifugación. (Predebón, 2005)

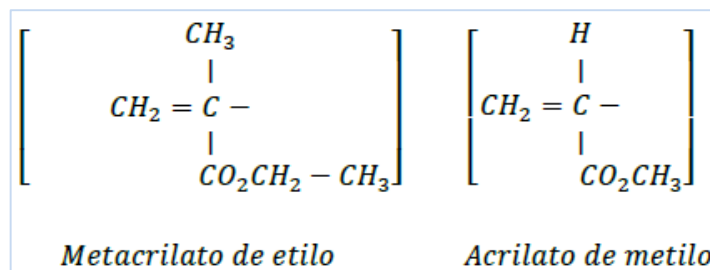
Figura 13: Paraloid en perlas en la parte inferior y disuelto



Fuente: Sánchez M., 2010

Es una resina acrílica, polímero sintético, copolímero de metacrilato de etilo y acrilato de metilo, que se presenta en forma de perlas regulares, y es soluble en etanol, tolueno, acetona, thinner, entre otros. Esta resina ha demostrado buena reversibilidad y permanencia de las características ópticas con el envejecimiento

Figura 14: Estructura química del paraloid



Fuente: Mendoza E., 2018

1.4 Formulación del problema

¿De qué manera influyen el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en morteros de conservación, sobre compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019?

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en morteros de conservación, sobre compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar la caracterización de la tierra y arena gruesa, respecto a los ensayos de granulometría, hidrometría, humedad, material orgánico, gravedad específica del suelo, peso específico de la arena gruesa, límites de attemberg, Proctor modificado y difracción de rayos x.
- Determinar la dosificación adecuada de consolidante y proporción de suelo, que mejore las propiedades de los morteros de conservación como la compresión, durabilidad y colorimetría
- Determinar estadísticamente si las variables independientes influyen en las variables dependientes
- Realizar el cálculo de dosificación por litro, para un m^2 de mortero y determinar el costo de su aplicación.

1.6 Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La influencia del tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, mejorará la compresión, durabilidad y colorimetría, en los morteros de conservación, Trujillo 2019

Tabla 1: Hipótesis general

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El tiempo
La influencia del tipo, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, mejorará la compresión, en los morteros de conservación, Trujillo 2019	Compresión				
	Durabilidad	Mortero consolidado	mejorará	Trujillo	2019
	Colorimetría				

Fuente: Elaboración propia, 2019

1.6.2. Hipótesis específicas

Los tipos, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, mejorará la compresión, durabilidad y colorimetría, en los morteros de conservación, Trujillo 2019.

Tabla 2: *Hipótesis específicas 01, 02 y 03*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El tiempo
Los tipos, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, mejorará la compresión, en los morteros de conservación, Trujillo 2019	Compresión				
Los tipos, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, mejorará la durabilidad, en los morteros de conservación, Trujillo 2019	Durabilidad	Mortero consolidado	mejorará	Trujillo	2019
Los tipos, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, mejorará la colorimetría, en los morteros de conservación, Trujillo 2019	Colorimetría				

Fuente: Elaboración propia, 2019

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El diseño de la investigación es experimental, ya que se manipula de manera intencional, una o más variables independientes para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes; del tipo experimental ya que se controla y limita los tipos, porcentajes de consolidante y proporción de suelo que se empleó para la elaboración de los morteros y se utilizó un diseño experimental de tipo trifactorial, con tres variables independientes: tipo de consolidante, porcentaje de consolidante y proporción de suelo (Arena/tierra)

Tabla 3: Variables de estudio de investigación

Variables independientes		
Factores de estudio	Niveles de estudio	
A: Tipo de consolidante	Silicato de etilo	paraloid
B: Porcentaje de consolidante (%)	25 - 30 - 35 - 40	2 - 4 - 6 - 8
C: Proporción de suelo (Arena g./tierra)	3:1 y 2:1	
Variables dependientes		
Resistencia a la compresión (Kg/cm^2)		
Durabilidad en agua (%)		
Colorimetría (Color)		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4: Matriz de diseño trifactorial

		A: Tipo de consolidante								
		a1				a2				
		B: Porcentaje de consolidante								
		b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
C: Proporción de suelo (Arena/tierra)	c1	b0c1	a1b1c1	a1b2c1	a1b3c1	a1b4c1	a2b5c1	a2b6c1	a2b7c1	a2b8c1
	c2	b0c2	a1b1c2	a1b2c2	a1b3c2	a1b4c2	a2b5c2	a2b6c2	a2b7c2	a2b8c2

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Unidad de estudio

Mortero de suelo

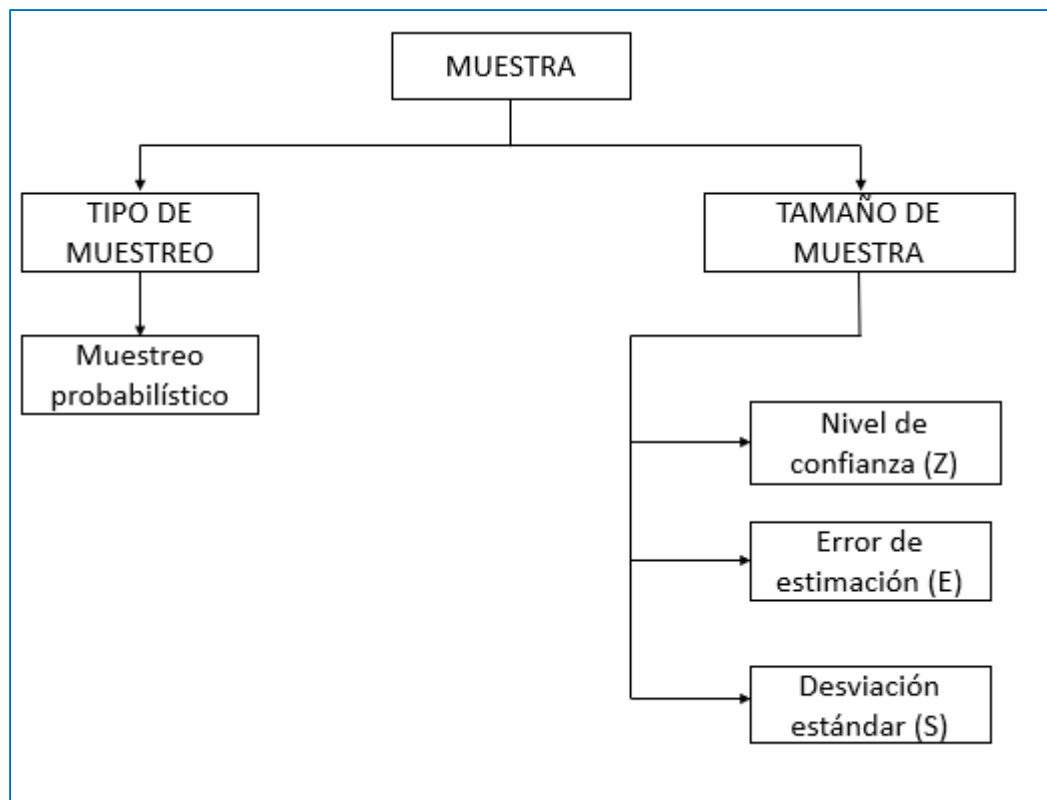
2.2.2. Población

Todos los morteros de suelo con adición de consolidantes en la ciudad de Trujillo 2019

2.2.3. Muestra

La presente investigación aplicó un muestreo probabilístico, porque cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra. Este tipo de muestreo origina mejores estimaciones de los parámetros, permite determinar matemáticamente el tamaño de la muestra, con cierto nivel de exactitud.

Figura 15: Tipo de Muestreo y tamaño de muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

Para el cálculo de la muestra, como la variable dependiente es cuantitativa, se utilizó como referencia un muestreo probabilístico y empleando lo estipulado en el manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2014)

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

donde:

n_0 = Tamaño de muestra

Z = Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador, Z=95% confiabilidad de 1.96 (Ver tabla 5)

Tabla 5: Valores de la distribución normal estandarizadas

Valores de la distribución normal estandarizada			
Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza (1- α)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0,10	1,64	1,28
95%	0,05	1,96	1,64
99%	0,01	2,57	2,32
Error (Tipo II): Siempre es Unilateral			
Poder (1- β)	Error (β)	Valor Z	
0,80	0,20	0,842	
0,90	0,10	1,282	
0,95	0,05	1,645	
0,99	0,01	2,326	

Fuente: Manual de estadística UPN, 2014

S = Valor de la desviación estándar estimado, de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador, obtenidas por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o por la distribución de la población; S= Valor de la desviación estándar fue obtenido de una investigación con propósito parecido (Marín & Rodríguez, 2018). Ver tabla 6

Tabla 06: Obtención de la desviación estándar

Nº Probetas	Compresión (kg/cm^2)	Promedio (kg/cm^2)	Desviación estandar
1	19.80		
2	19.50	19.70	0.17
3	19.80		

Fuente: Marín & Rodríguez, 2018

E = Error de estimación del parámetro, fijada por el investigador; E= Estimado por el investigador en 5% (E=0.05) dando un valor de 0.985, la cual resultó de la multiplicación del 5% de la resistencia promedio de la investigación anterior donde se obtuvo la desviación estándar.

Calculando la fórmula con los siguientes datos, obtenemos:

$$n_0 = \frac{1.96^2 \times 0.17^2}{0.985^2} = 0.11$$

Se interpreta el valor de $n_0=0.11$ que nos indicó que se podría tomar como número de probetas el antecedente de interés, puesto que no supera a las 3 probetas, sin embargo, bajo la experiencia del asesor y aumentar la confiabilidad de los resultados, opte por realizar $n_0= 4$ probetas

Como en la investigación se tienen tres variables de estudio:

- A. Tipos de consolidante: Silicato de Etilo, paraloid
- B. Porcentajes de consolidante:
Silicato de etilo 40: 25%, 30%, 35% y 40%
Paraloid B-72: 2%, 4%, 6% y 8%
- C. Proporciones de suelo (Arena/tierra): 3:1, 2:1

Muestra para el uso del silicato de etilo en la compresión

n° de muestras= V.I x V.D x N° réplicas + Prob. patrón

n° de muestras= [1(1) x 1(4) x 1(2)] x 1(1) x 4 + 2(4) = 40 muestras

Se utilizaron 40 probetas de morteros de 5cm x 5cm x 5cm, con diferente proporción de suelo y adicionando porcentaje de silicato de etilo, para la resistencia a la compresión

Muestra para el uso del silicato de etilo en la durabilidad y colorimetría

n° de muestras= V.I x V.D x N° réplicas + Prob. patrón

n° de muestras= [1(1) x 1(4) x 1(2)] x 1(1) x 4 + 2(4) = 40 muestras

Se utilizaron 40 probetas de morteros de 5cm x 5cm x 5cm, con diferente proporción de suelo y adicionando porcentaje de silicato de etilo, para la durabilidad y colorimetría. Esto se debe a que la colorimetría es un ensayo no destructivo y los mismos serán aplicados para el ensayo de durabilidad

Muestras para el uso del paraloid en la compresión

n° de muestras= V.I x V.D x N° réplicas

n° de muestras= [1(1) x 1(4) x 1(2)] x 1(1) x 4 = 32 muestras

Se utilizaron 32 probetas de morteros de 5cm x 5cm x 5cm, con diferente proporción de suelo y adicionando porcentaje de paraloid, para la resistencia a la compresión. No se considera las probetas patrones, porque ya fueron contadas en el uso de la aplicación del silicato de etilo.

Muestra para el uso del paraloid en la durabilidad y colorimetría

n° de muestras= V.I x V.D x N° réplicas

n° de muestras= [1(1) x 1(4) x 1(2)] x 1(1) x 4 = 32 muestras

Se utilizaron 32 probetas de morteros de 5cm x 5cm x 5cm, con diferente proporción de suelo y adicionando porcentaje de paraloid, para la durabilidad y colorimetría. Esto se debe a que la colorimetría es un ensayo no destructivo y los mismos serán aplicados para el ensayo de durabilidad. No se considera las probetas patrones, porque ya fueron contadas en el uso de la aplicación del silicato de etilo.

En total se elaboraron 144 morteros de 5cm x 5cm x 5cm, para realizar el ensayo de compresión (Kg/cm^2), durabilidad (%) y colorimetría.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos

La técnica para la recolección de datos fue la observación directa, puesto que durante la ejecución de ensayos se pudo percibir el fenómeno o hecho de los morteros consolidados.

El instrumento para la recolección de datos, se usó la hoja de observación, que me permitió recolectar información al momento de realizar los ensayos, esta hoja de observación se muestra en la siguiente página.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE MORTEROS CONSOLIDADOS, TRUJILLO 2019

Autor:

- Rivera Castillo, Martín

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Martín
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°:
- 1.4. Hora de la observación:

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipo de consolidante:

- a) Silicato de etilo
b) Paraloid
c) Sin consolidante

2.2. Porcentajes de silicato de etilo:

- a) 25%
b) 30%
c) 35%
d) 40%

2.3. Porcentajes de Paraloid:

- a) 2%
b) 4%
c) 6%
d) 8%

2.4. Tipo de deterioro:

- a) Desprendimiento
b) Fisuras
c) Cambio de color
e) otros deterioros

2.5. Relación agua/cal

- a) 0.12
b) 0.13
c) 0.14
d) 0.15

2.6. Relación Arena gruesa: Tierra

- a) 2:1
b) 3:1

2.7. Tiempo de secado:

- a) 05 días
b) 10 días
c) 15 días
d) 20 días

2.8. Medida:

- a) Se contrae
b) Se expande

2.9. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
b) Poco
c) Nada

2.10. Causas de los deterioros:

- a) Poco uso del conservante
b) Mucho uso del conservante
c) mala compactación
d) Otros

2.3.2. Análisis de datos

A. Prueba de normalidad

Los análisis de normalidad, también llamados contrastes de normalidad, tienen como objetivo analizar cuánto difiere la distribución de los datos observados respecto a lo esperado si procediesen de una distribución normal con la misma media y desviación típica. Pueden diferenciarse tres estrategias: Las basadas en representaciones gráficas, en métodos analíticos y test de hipótesis. (Joaquín, 2016) Un caso específico de ajuste a una distribución teórica es la correspondiente a la distribución normal. Este contraste se realiza para comprobar si se verifica la hipótesis de normalidad necesaria para que el resultado de algunos análisis sea fiable, como por ejemplo para el ANOVA.

La prueba de Normalidad se realizó mediante un software denominada SPSS, utilizando el test de hipótesis Kolmogorov – Smirnov, puesto que el tamaño de muestra es mayor a 50

Los datos de las variables identificadas son ingresados en el programa especificando la medida, tipo de escala, las cuales serán analizados.

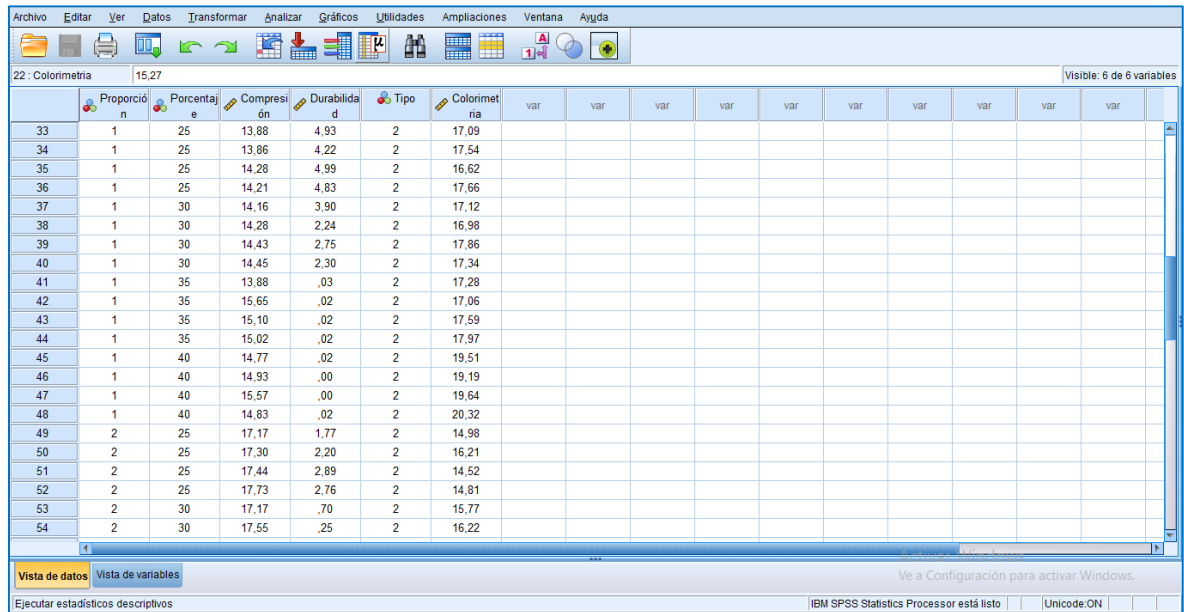
Figura 16: Ingreso de datos al programa SPSS

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Proporción	Numérico	8	0	Proporción (A...	{1, Proporc...	Ninguno	8	Centrado	Nominal	Entrada
2	Porcentaje	Numérico	8	0	Porcentaje %	{0, 0%}...	Ninguno	8	Centrado	Nominal	Entrada
3	Compresión	Numérico	8	2	Compresión (K...	{1,00, Comp...	Ninguno	8	Centrado	Escala	Entrada
4	Durabilidad	Numérico	8	2	Durabilidad (%)	{1,00, Durab...	Ninguno	8	Centrado	Escala	Entrada
5	Tipo	Numérico	8	0	Tipo	{1, Paraloíd}...	Ninguno	8	Centrado	Nominal	Entrada
6	Colorimetria	Numérico	8	2	Colorimetria (Col)	Ninguno	Ninguno	8	Centrado	Escala	Entrada
7											
8											

Fuente: Programa SPSS, 2019

Se cambio de la vista de variables a la vista de datos, donde se ingresó los resultados obtenido en general.

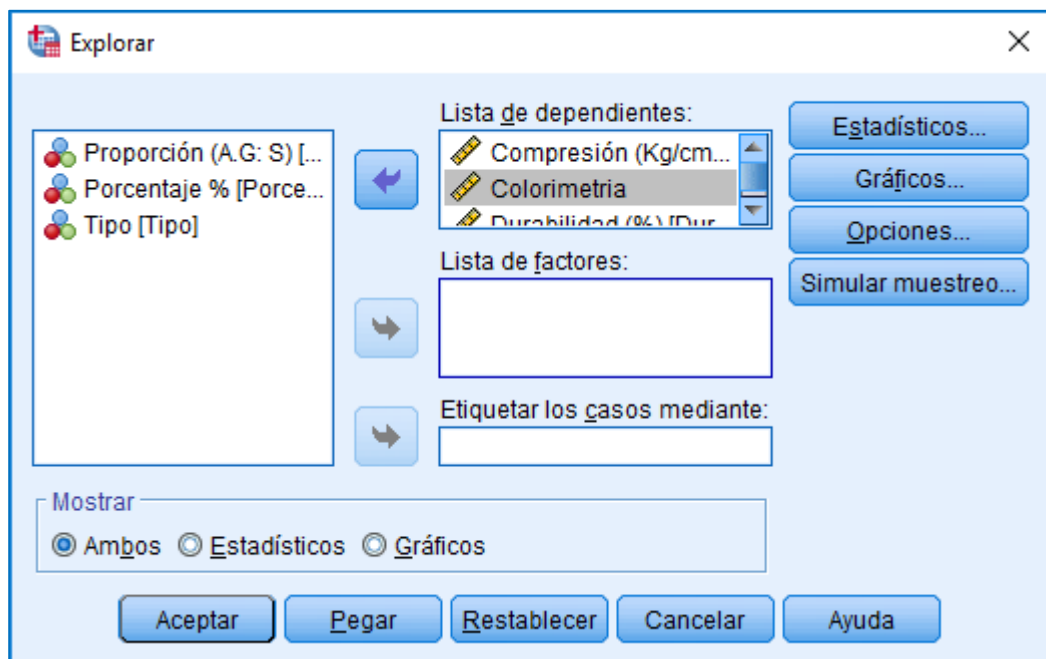
Figura 17: Ingreso de valores en vista de datos



	Proporción	Porcentaje	Compresión	Durabilidad	Tipo	Colorimetria	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
33	1	25	13.88	4.93	2	17.09										
34	1	25	13.86	4.22	2	17.54										
35	1	25	14.28	4.99	2	16.62										
36	1	25	14.21	4.83	2	17.66										
37	1	30	14.16	3.90	2	17.12										
38	1	30	14.28	2.24	2	16.98										
39	1	30	14.43	2.75	2	17.86										
40	1	30	14.45	2.30	2	17.34										
41	1	35	13.88	.03	2	17.28										
42	1	35	15.65	.02	2	17.06										
43	1	35	15.10	.02	2	17.59										
44	1	35	15.02	.02	2	17.97										
45	1	40	14.77	.02	2	19.51										
46	1	40	14.93	.00	2	19.19										
47	1	40	15.57	.00	2	19.64										
48	1	40	14.83	.02	2	20.32										
49	2	25	17.17	1.77	2	14.98										
50	2	25	17.30	2.20	2	16.21										
51	2	25	17.44	2.89	2	14.52										
52	2	25	17.73	2.76	2	14.81										
53	2	30	17.17	.70	2	15.77										
54	2	30	17.55	.25	2	16.22										

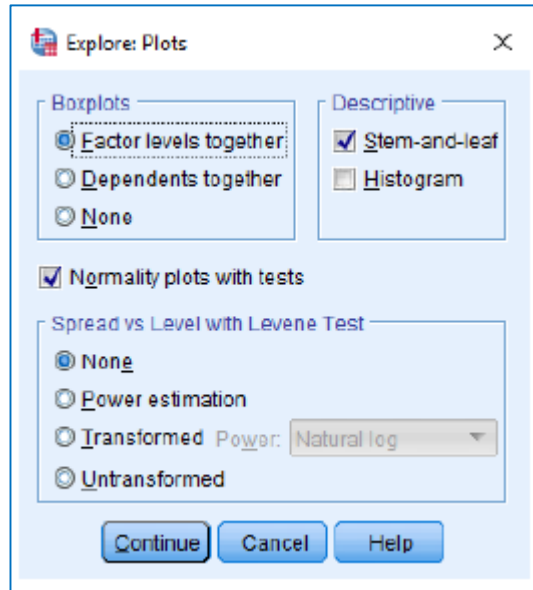
Fuente: Programa SPSS, 2019

Figura 18: Proceso para analizar los datos obtenidos



Fuente: Programa SPSS, 2019

Figura 19: Proceso de selección para normalidad



Fuente: Programa SPSS, 2019

Finalmente, para poder obtener la prueba de normalidad por el análisis de Kolmogorov – Smirnov, se consideró una significancia mayor o igual a 0.05, concluyendo que la variable tiene un comportamiento normal

Figura 20: Resultados de la significancia de Kolmogorov - Smirnov

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compresión (Kg/cm2)	,095	64	,200*	,943	64	,005
Durabilidad (%)	,101	64	,177	,972	64	,160
Colorimetria (Col)	,099	64	,200*	,975	64	,218

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Programa SPSS, 2019

B. Prueba de Fisher

Los resultados obtenidos durante los ensayos a los morteros consolidados, se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza con el ANOVA

Datos previos:

H_1 : Hipótesis alterna

H_0 : Hipótesis nula

Hipótesis:

H_1 : Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019

H_0 : No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019

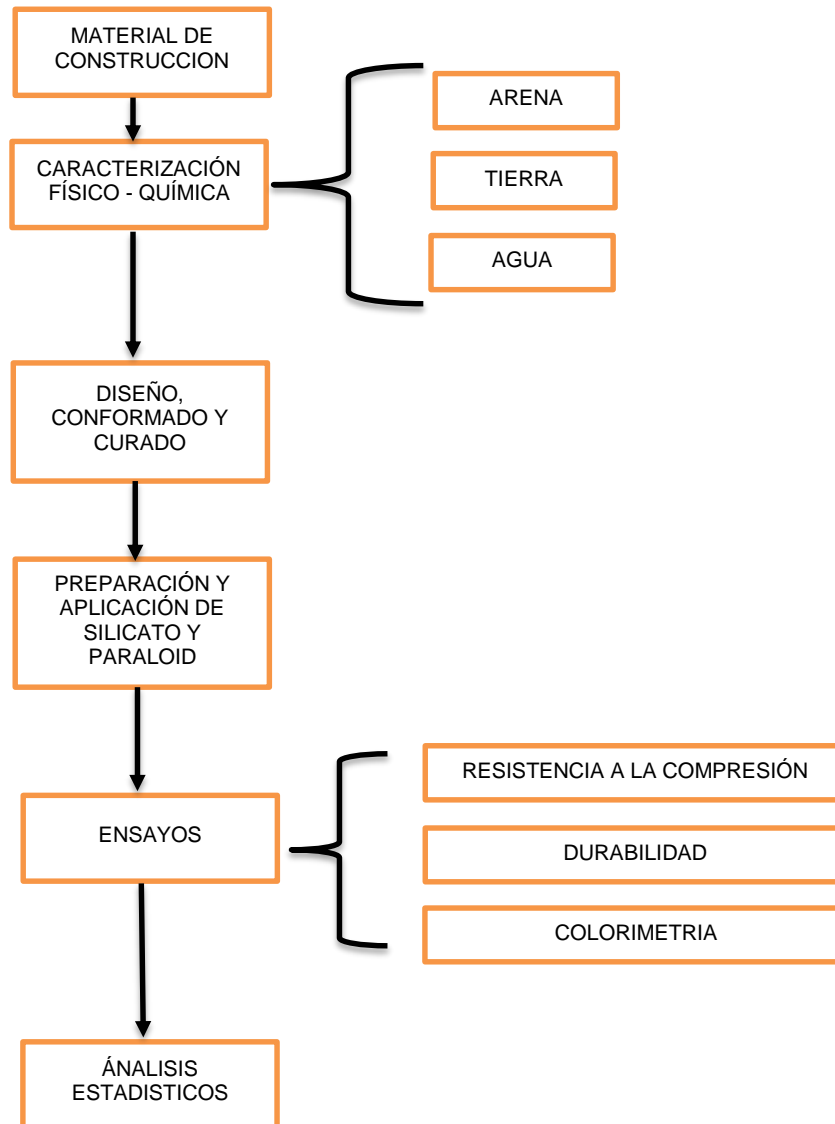
Tabla 7: Cálculo para el análisis estadístico del diseño trifactorial

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F0
A	a-1	SS_A	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	b-1	SS_B	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$
C	c-1	SS_C	$MS_C = \frac{SS_C}{c-1}$	$F_0(C) = \frac{MS_C}{MS_E}$
AB	(a-1)(b-1)	SS_{AB}	$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a-1)x(b-1)}$	$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$
AC	(a-1)(c-1)	SS_{AC}	$MS_{AxC} = \frac{SS_{AxC}}{(a-1)x(c-1)}$	$F_0(AxC) = \frac{MS_{AxC}}{MS_E}$
BC	(b-1)(c-1)	SS_{BC}	$MS_{BxC} = \frac{SS_{BxC}}{(b-1)x(c-1)}$	$F_0(BxC) = \frac{MS_{BxC}}{MS_E}$
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	SS_{ABC}	$MS_{AxBxC} = \frac{SS_{AxBxC}}{(a-1)x(b-1)x(c-1)}$	$F_0(AxBxC) = \frac{MS_{AxBxC}}{MS_E}$
Error	abc (n-1)	SS_E	$MS_E = \frac{SS_{ERROR}}{(abc)x(n-1)}$	
Total	ab(n-1)	SS_T		

Fuente: Horna J.,2018

2.4 Procedimiento

Figura 21: Diagrama de flujo de desarrollo de la investigación



Fuente: Elaboración propia, 2019

A. Material de Construcción

Se partió en busca de un suelo que contenga arcilla y que a su vez haya sido ya estudiada, es así que se optó por utilizar el suelo de tonalidad amarilla de Moche, de zona aledaña a la Huaca del Sol y la Luna, posteriormente se tamizo por el tamiz N°4. La arena gruesa se compró un cubo de la cantera el Milagro, se utilizó agua potable de la ciudad de Trujillo y los consolidantes (Silicato de etilo 40 y Paraloid B – 72), de los aditivos consolidantes recomiendo utilizar el alcohol de 96° para ser utilizado en solución con el silicato de etilo; utilizar el thinner acrílico para autos para ser utilizado en solución con el paraloid y tratar de consolidar en lo más breve posible, por el hecho que el alcohol y el thinner son volátiles.

Figura 22: Ubicación del lugar de extracción del suelo



Fuente: Google Maps, 2019

B. Caracterización

Se detallará cada uno de los ensayos realizados a los agregados, de acuerdo a las normas que se detallan en la tabla 8

Tabla 8: Normas de cada ensayo físico de la caracterización a desarrollar

Ensayo	Norma	
	MTC	NTP
Contenido de humedad	E 108	339.127
Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µM (N° 200) por lavado	E 202	400.018
Ánalisis granulométrico por tamizado	E 107	339.128
Ánalisis granulométrico por medio del Hidrometro	E 109	339.128
Materia Orgánica	E 118	-
Límite líquido	E 110	339.129
Límite plástico e índice de plasticidad	E 111	339.129
Clasificación de suelos SUCS	-	339.134
Gravedad específica y absorción de agregado fino	E 205	400.022
Gravedad específica del suelo	E 113	339.131
Proctor modificado	E 115	339.141

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.1 Contenido de humedad

Se tomó la muestra tal cual al estado en que se obtuvo, se tomaron los pesos, teniendo en cuenta lo siguiente: Primero el peso del recipiente, luego el peso del recipiente más muestra húmeda, luego se llevó a la estufa de secado a una temperatura de 110±5°C por 24 horas, pasado el tiempo se tomó el peso del recipiente más muestra seca, con ello podemos obtener el peso muestra húmeda (Ph) y seca (Ps).

Luego se calculó el porcentaje de humedad mediante la siguiente formula:

$$w (\%) = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \dots \text{Ecuación 1}$$

Tabla 9: Esquema del contenido de humedad

Descripción	M1	M2	M3
Peso del recipiente (g)			
Peso del recipiente + Muestra húmeda (g)			
Peso del recipiente + Muestra seca (g)			
Peso muestra húmeda (g) Ph			
Peso muestra seca (g) Ps			
W%			
W% Promedio			

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.2 Cantidad de material fino que pasa el tamiz (N.º 200) por lavado

Consiste en que el material más fino que el tamiz de 75 µm (N° 200) puede ser separado de las partículas mayores de manera más eficiente y completa por el tamizado en húmedo que por el uso de tamizado en seco.

La muestra a utilizar debe cumplir los requisitos mínimos que propone la MTC E 202, la cual se observa en la tabla 10

Tabla 10: Muestra mínimo recomendado para ensayo – MTC E 202

Tamaño máximo nominal del agregado		Peso mínimo de la muestra (g)
4.75 mm	(N° 4) ó menor	300
9.5 mm	(3/8")	1000
19.0 mm	(3/4")	2500

Fuente: MTC E 202, 2014

Se secó la muestra en la estufa a una temperatura de 110±5°C, luego se dejará enfriar y se tomara una cantidad de la muestra de acuerdo a lo que indica la norma y se pesará (A), luego se procederá a lavar con abundante agua, teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en el tamiz N°20.

Finalizado el lavado se recogerá la muestra retenida en un recipiente, después se secará en la estufa; se dejará enfriar y se procederá a pesar la muestra seca en una balanza de 0.01 g de sensibilidad (B).

Tabla 11: Esquema de material que pasa el tamiz N°200

Descripción	Und.	M1	M2	M3
Peso inicial de la muestra seca (A)	g			
Peso de la muestra después del lavado (B)	g			
Porcentaje de material que pasa malla N° 200 (C)				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Luego se calculó la cantidad de material que pasa el tamiz N°200 por lavado, con la siguiente formula:

$$C = \frac{A-B}{B} \times 100 \dots \text{Ecuación 2}$$

B.3 Análisis granulométrico por tamizado

Este ensayo sirve para determinar la textura del suelo, % Arena gruesa, % Arena media, % Arena fina, % Limo – arcilloso y módulo de Finura (MF). Este ensayo se realizó para el suelo, arena gruesa y la mezcla de ambos.

Se tomo 500 g de muestra para realizar el lavado por la malla #200 en agua corriente, el lavado finaliza cuando el agua que pasa la malla se torna transparente, tal como se indica en el procedimiento B.2. Sin desperdiciar la muestra se retiró de la malla y se colocó en

un recipiente de metal a una estufa a temperatura de 110 ± 5 °C, por un intervalo de tiempo de 24 horas. Se extrajo la muestra de la estufa y se pesó en una balanza electrónica (± 0.01 g), luego se colocará el juego de tamices en orden progresivo, de acuerdo a la siguiente tabla, indicada en la norma:

Tabla 12: Serie de tamices MTC E 107

Tamiz	Abertura (mm)
N° 4	4.76
N° 8	2.36
N° 16	1.10
N° 30	0.59
N° 50	0.30
N° 100	0.15
N° 200	0.075

Fuente: MTC E 107, 2014

se tamizo girando 5° por un tiempo de 10 minutos. El lavado se realizó para el suelo y la mezcla de ambas, para la arena gruesa se realizó el procedimiento en su forma encontrada. Posteriormente se procederá a pesar las fracciones retenidas en cada tamiz, si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Al material perdido por lavado se le agrega el peso que paso por la malla N°200

Finalmente, los datos se registraron en la tabla N°13, siguiendo los cálculos empleando las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \frac{\text{Peso retenido acumulado}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots \text{Ecuación 3}$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \dots \text{Ecuación 4}$$

$$\% \text{ Pasa malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido N}^\circ 200}{\text{Peso total}} \times 100 \dots \text{Ecuación 5}$$

Tabla 13: Esquema de registro de datos del análisis granulométrico por tamizado

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	RETENIDO PASANTE
N°4	4.750						
N°8	2.360						
N°16	1.100						
N°30	0.590						
N°50	0.300						
N°100	0.150						
N°200	0.075						
FONDO							
			PESO TOTAL				

Fuente: Elaboración propia, 2019

El módulo de finura se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado hasta tamiz \#100}}{100} \dots \text{Ecuación 6}$$

Tabla 14: Rango para el módulo de finura (ASTM C 136)

Agregado fino	Módulo de finura
Arena fina	0.5 - 1.5
Arena Media	1.5 - 2.3
Arena Gruesa	2.3 - 3.1

Fuente: ASTM C 136, 2012

Tabla 15: Límites granulométricos del agregado fino – Arena (ASTM C33)

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PASANTE (%)	
		L. INFERIOR	L. SUPERIOR
3/8"	9.500	100	100
Nº4	4.760	95	100
Nº8	2.360	80	100
Nº16	1.100	50	85
Nº30	0.590	25	60
Nº50	0.300	5	30
Nº100	0.150	0	10
Nº200	0.075	0	5

Fuente: ASTM C33, 2012

B.4 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

Se realizó este ensayo con la finalidad de determinar el porcentaje de partículas más finas del suelo, que pasa el tamiz Nº200.

La muestra que pase la malla #200 se secó a una estufa a temperatura de 110 ± 5 °C por 24 horas, se tomó la cantidad de 50 g de muestra seca, como indica en la norma MTC E 109, para suelos arenosos es de 75 a 100 g y para limos y arcillas de 50 y 60 g (peso seco).

Se preparó la solución mezclando 40 gr de hexametáfosfato de sodio (NaPO_3)₆, en 1 litro de agua destilada. Se tomó de esta solución defloculante 125 ml, para mezclarlo con los 50 g de muestra, posteriormente se dejará en reposo por 24 horas hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado y separado. Luego de reposar, se colocará la mezcla en el cilindro de la batidora, se añadirá 125 ml de agua destilada lavando cualquier residuo que quede en el vaso de precipitación, y se deberá batir la mezcla, para suelo arcilloso durante 10 minutos, para arenas durante 3 a 5 minutos o como lo indica la norma MTC E 109 que se observa en la tabla Nº16.

Tabla 16: *Tiempo de dispersión MTC E 109*

Indice de plasticidad del suelo	Periodo de dispersión min.
Menor del 5%	5
Del 6% a 20%	10
Mayor del 20%	15

Fuente: MTC E 109, 2014

Sin desperdiciar, se vertió la mezcla en un cilindro de sedimentación y se completó con agua destilada hasta la línea de aforo (1000ml), se agitará el cilindro con la mano por un minuto, volteando el cilindro hacia arriba y hacia abajo, se deberá hacer 60 ciclos en ese tiempo. Al terminar el minuto de agitación, se colocará el cilindro sobre una mesa y se introducirá lentamente el hidrómetro, se debe tener mucho cuidado cuando se introduce y cuando se extrae, para evitar perturbar la suspensión.

Se observa y se anota las dos primeras lecturas de hidrómetro, al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco. Luego de la lectura de 2 minutos, se extrae cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y se coloca en un cilindro con agua limpia. Después se introduce el hidrómetro y se realiza las lecturas a los 5, 15, 30, 60, 120, 250 y 1440 minutos. Inmediatamente después de cada una de estas lecturas, se extrae el hidrómetro cuidadosamente de la suspensión y se coloca en el cilindro graduado con agua limpia. Y en cada lectura del hidrómetro, se tomará su temperatura con una aproximación de 0.5 °C y se anotará en la plantilla de datos como se muestra en la tabla N°18.

Las lecturas de hidrómetro deberán ser corregidas por menisco, por temperatura, por defloculante y punto cero.

Corrección por menisco (Cm)

La corrección por menisco es constante para un hidrómetro dado, y se determina introduciendo el hidrómetro en agua destilada o desmineralizada y observando la altura a la cual el menisco se levanta por encima de la superficie del agua. Valores corrientes de Cm son:

- Hidrómetro tipo 151 H: $Cm = 0,6 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$
- Hidrómetro tipo 152 H: $Cm = 1,0 \text{ g/litro}$.

Corrección por temperatura (Ct)

A cada una de las lecturas de hidrómetro se debe aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura. Obténgase el valor del factor de corrección por temperatura para cada lectura de hidrómetro empleando la tabla N°89 (Anexo N°03) de Valores de Ct para la corrección por temperatura de las lecturas del hidrómetro.

Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (Cd)

Los granos de suelos muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de

tal forma que suelen precipitarse juntos. Por lo tanto, es necesario añadir a las muestras un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo.

Para determinar ello, se selecciona un cilindro graduado de 1000 mL de capacidad y se llena con agua destilada o desmineralizada con una cantidad de defloculante igual a la que se empleará en el ensayo, se calcula mediante la siguiente formula:

$$Cd = t' + Cm \pm Ct \dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

t' = Lectura del hidrómetro, en agua destilada o añadida con defloculante únicamente

Cm = Corrección por menisco

Ct = Corrección por temperatura, sumada algebraicamente.

Para continuar con los demás análisis se necesita calibrar el hidrómetro para determinar su profundidad efectiva en términos de lecturas de hidrómetro, la profundidad efectiva para el hidrómetro tipo 151 – H, se obtendrá de la tabla N°17.

Tabla 17: Valores de la profundidad efectiva del hidrómetro 151-H, MTC E 109

R	L (cm)	R	L (cm)
1	16.3	1.016	12.1
1.001	16	1.017	11.8
1.002	15.8	1.018	11.5
1.003	15.5	1.019	11.3
1.004	15.2	1.02	11.0
1.005	15.0	1.021	10.8
1.006	14.7	1.022	10.5
1.007	14.4	1.023	10.2
1.008	14.2	1.024	10.0
1.009	13.9	1.025	9.7
1.01	13.7	1.026	9.4
1.011	13.4	1.027	9.2
1.012	13.1	1.028	8.9
1.013	12.9	1.029	8.6
1.014	12.6	1.03	8.4
1.015	12.3		

Fuente: MTC E 109, 2014

El valor de R, es la suma de la lectura del hidrómetro (R') con la corrección por menisco (cm), se determina con siguiente formula:

$$R = R' + Cm \dots \text{Ecuación 8}$$

Entonces las lecturas del hidrómetro se corregirán (R_c), Lectura de hidrómetro corregida por menisco menos corrección por defloculante y punto cero, más (sumada algebraicamente) corrección por temperatura, mediante la siguiente ecuación:

$$R_c = R - C_d + C_t \dots \text{Ecuación 9}$$

Para el cálculo del diámetro de las partículas (D). Se emplea el valor K , tiempo transcurrido en minutos (t), la profundidad efectiva en cm (L).

$$D = K \times \sqrt{\frac{L}{t}} \dots \text{Ecuación 10}$$

Donde K se halló empleando la tabla N°90 (Anexo N°04), que están en función de la temperatura y la gravedad específica de sólidos.

Cálculo del porcentaje más fino. Para calcular el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dada, utilice la fórmula siguiente:

Para hidrómetro 151 H:

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{G_s(N^{\circ}200)}{(G_s(N^{\circ}200)-1)} \times \frac{100}{W_0} \times R_c \dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$G_s(N^{\circ}200)$ = Gravedad específica de la muestra que pasan el tamiz N° 200

R_c = Lectura del hidrómetro corregido

W_0 = Peso de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro.

Finalmente se calcula el porcentaje que pasa (%):

La cual vendría a ser la curva granulométrica por sedimentación del material que pasa por la malla N° 200.

Tabla 18: Toma de datos análisis granulométrico por sedimentación

Tiempo (min)	Lectura del Hidrometro (R')	T(°C)	Ct	Rc	% Que pasa	R	L (cm)	K	D(mm)
1									
2									
5									
15									
30									
60									
120									
250									
1440									

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.5 Materia orgánica

Sirve para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en materiales.

Para ello se tomo una muestra representativa que pese al menos 100 g como lo indica la MTC E 118, se colocará en un recipiente y se pondrá a secar en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas, se retirará y se dejará enfriar, después tomar de 10 a 40 g de esta muestra y se colocará en crisoles enumerados y pesado (A), posteriormente los crisoles serán llevados a una mufla durante 6 horas a $445 \pm 10^\circ\text{C}$. Remuévase la muestra de la mufla, colóquese en el desecador y permítase enfriar. Remover la muestra enfriada del desecador y pésese con aproximación a 0,01 g (B).

Por último, con la ecuación que se muestra a continuación, se determinó el contenido de material orgánico. El resultado se clasifico según la tabla N°20.

$$MO(\%) = \frac{A-B}{B-C} \times 100 \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

A= Peso del crisol más suelo seco al horno antes de la ignición

B= Peso del crisol más suelo seco después de la ignición

C= Peso del crisol

Tabla 19: Toma de datos para el contenido de materia orgánica

Descripción	M1	M2	M3
Peso del crisol (g)			
Peso del crisol+ Muestra seca (g)			
Peso del crisol + Muestra a 450°C (g)			
%Materia organica			
Promedio materia orgánica			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 20: Clasificación del nivel de materia orgánica. (AASHTO T267)

Nivel	Materia orgánica (%)
Bajo	Menor a 2
Medio	2 - 4
Alto	Mayor a 4

Fuente: AASHTO T267, 2018

B.6 Límite líquido

Primero se obtiene una muestra representativa de aproximadamente de 150 a 200 g de material que pasa la malla 425 μm (Nº 40). Después se deberá calibrar la copa Casagrande para que tenga la altura de aproximadamente 1 cm, para ello se empleará el mango del ranurador, pues viene incorporado la altura indicada.

Se colocó la muestra en una cápsula de porcelana, con la espátula se hará una mezcla pastosa con agua hasta que sea homogénea, se colocará una pequeña cantidad de la mezcla reciente en la parte central de la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de 1cm.

La muestra colocada en la copa de Casagrande, utilizando el ranurador de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la copa se dividirá en la parte media en dos porciones como se muestra en la figura N°23, luego levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg.). Se registrará la cantidad de golpes y se tomará una muestra de la parte central para la determinación del contenido de humedad, este proceso se repite nuevamente con dos muestras más para lograr 3 puntos a diferentes contenidos de humedad. Se tomará los siguientes rangos de acuerdo a criterio adaptado: 25 a 35 golpes, 15 a 25 golpes, 5 a 15 golpes.

Figura 23: Partición de muestra en dos porciones



Fuente: Taller básico de mecánica de suelos UNI, 2004

Finalmente se representa la relación entre la humedad y el número de golpes correspondientes, se trazará la mejor línea recta que pase por los tres puntos graficados, y se tomará la humedad correspondiente a la intersección de las líneas con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo, se empleará el método de análisis de regresión lineal para hallar el límite líquido.

Tabla 21: Toma de datos límite líquido

Descripción	M1	M2	M3	LL (%)
Peso suelo húmedo + lata (g)				
Peso suelo seco + lata (g)				
Peso lata (g)				
Peso suelo seco (g)				
Peso de agua (g)				
Contenido de Humedad (W%)				
Nº de golpes				

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.8 Límite plástico e índice de plasticidad

Se tomo aproximadamente 20 g de la muestra preparada para el ensayo de límite líquido, se amasara con agua hasta conformarse con facilidad una esfera con la masa de suelo, después se tomará de esa esfera entre 1.5 a 2.0 g, a continuación se deberá rolar con los dedos de la mano, sobre una superficie lisa con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros (si antes de llegar a formar el cilindro a un diámetro de 3.2 mm aproximadamente (1/8") no se ha desmoronado, se volverá a elaborar una esfera y se repetirá el proceso, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El límite plástico se alcanzó cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3.2 mm de diámetro. Inmediatamente se dividirá en proporciones y se pondrán los pedazos en taras,

pesadas en una balanza de 0.01 g, se dejará la muestra en la estufa, para poder determinar su peso seco. La toma de datos se llenó según la tabla N°22

Tabla 22: Toma de datos de límite plástico

Descripción	LP1	LP2	LP3
Peso suelo húmedo + lata (g)			
Peso suelo seco + lata (g)			
Peso lata (g)			
Peso suelo seco (g)			
Peso de agua (g)			
Contenido de Humedad (W%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia, 2019

El índice de plasticidad, es la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico, se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP \dots \text{Ecuación 13}$$

Tabla 23: Clasificación del suelo según el I.P (ASTM D4318)

IP (%)	Grado de plasticidad
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Fuente: ASTM D4318, 2012

B.9 Gravedad Específica y absorción de agregado fino

Se sumergió 2 kg de arena en agua durante 24 horas. Pasado el tiempo, se vierte una fracción de la muestra a una bandeja metálica la cual está sobre la hornilla de una cocina pequeña, donde se calienta de forma constante hasta obtener un material superficialmente seco. se colocó el agregado fino en un molde cónico; de diámetro inferior y diámetro superior de 8,4 y 6.5 cm respectivamente, en 3 capas aplicando 25 apisonadas por cada capa. Después, levantar el molde verticalmente y observar el comportamiento del material, si se desmorona la tercera parte o sigue en pie. Posteriormente se pesó todo el agregado superficialmente seco obtenido en una balanza con sensibilidad de 0.01 g y capacidad de 2000g (D). A continuación, se tomó el peso de la fiola de 500 ml más agua hasta la marca de calibración (B). Además, se vertió el material en estado superficialmente seco en la fiola y se llenó de agua hasta la marca de calibración, verificándose que no presente aire atrapado entre las partículas de la arena, para después tomar su peso (C). Por último, se llevó la muestra húmeda a una estufa a $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas para determinar su peso seco (A). Determinando con las siguientes formulas el peso específico y absorción:

$$\text{Densidad especifica seca (Pes)} = \frac{A}{B+D-C} \dots \text{Ecuación 14}$$

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca } (P_{esss}) = \frac{D}{B+D-C} \dots \text{ Ecuación 15}$$

$$\text{Densidad Aparente } (P_{ea}) = \frac{A}{B+A-C} \dots \text{ Ecuación 16}$$

$$\text{Absorción } (\%) = \frac{D-A}{A} \times 100\% \dots \text{ Ecuación 17}$$

Tabla 24: Toma de datos gravedad específica y absorción del agregado fino

Descripción	PE1	PE2	PE3
Peso de fiola (g)			
Peso de fiola + agua hasta menisco (g) (B)			
Peso de fiola + muestra sss (g)			
Peso de fiola + muestra sss + agua hasta menisco (g) (C)			
Peso de agua (g)			
Peso de recipiente (g)			
Peso de recipiente + muestra seca (g)			
Peso muestra seca (g) (A)			
Peso muestra sss (g) (D)			
Peso específico seco (g/cm^3)			
Peso específico saturada superficialmente seca (g/cm^3)			
Peso específico aparente (g/cm^3)			
% Absorción			
Promedio Absorción %			

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.9 Gravedad Específica del suelo

El ensayo sirvió para determinar la gravedad específica del suelo que pasan el tamiz de 4.75 mm (N°4).

Primero codificamos y pesamos la fiola limpia y seca con una aproximación de 0.01 g.

La muestra del suelo se tomará secada al horno con una temperatura de 110 ± 5 °C, pasando el tamiz N°4, la cantidad dependerá de la capacidad de la fiola, según la tabla N°25.

Tabla 25: Relación de muestra según fiola (ASTM D-854)

Capacidad de la fiola	Cantidad requerida (g)
100 cm^3	25 - 50
250 cm^3	55 - 65
500 cm^3	120 - 130

Fuente: ASTM D 854, 2012

Luego se llenó la fiola con agua hasta que el fondo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello de la fiola y se anotó el peso. Se retiró el agua de la fiola y dejó secar.

Con ayuda de un embudo, se echará la muestra a la fiola, se debe tratar de que la muestra no se quede en las paredes de la fiola, luego se añadirá agua hasta que el nivel del agua esté aproximadamente a la mitad de la profundidad del cuerpo principal de la fiola. Después se colocará la fiola en la bomba de vacíos (potencia $\frac{1}{2}$ Hp), aproximadamente 15 minutos para extraer el aire contenido. Se retirará la bomba del frasco una vez que haya dejado de burbujear, se enjuagará cualquier partícula del suelo que este adherida en la fiola para verter nuevamente agua y se volverá a repetir el paso anterior. Se llenará con agua hasta la línea de aforo, luego se secará las paredes de la fiola, tratando de que no quede ninguna gota arriba de la línea de aforo. Finalmente se pesará la fiola y se tomará la temperatura del agua.

La gravedad específica se determinará con la ecuación N°18:

$$G_s = \frac{W_s}{(W_s + W_2 - W_3)} \times K \dots \text{Ecuación 18}$$

Donde:

Ws: Peso del suelo seco

W2: Peso de fiola + agua + suelo

W3: Peso de fiola + agua

K: Factor de corrección por temperatura, ver tabla N°91 (Anexo N°05)

Tabla 26: Toma de datos de gravedad específica del suelo

Descripción	Und.	F1	F2	F3
Peso Fiola (g) (W1)				
Peso fiola + muestra seca (g) (W1+Ws)				
Peso fiola + muestra + agua (g) (W3)				
Peso fiola + agua (g) (W2)				
Temperatura (T)				
Peso de la muestra seca (g) (Ws)				
Corrección por temperatura (K)				
Gravedad específica (Gs)				
Promedio				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 27: Valores típicos de gravedad específica. (UNI, 2006)

Tipos de suelo	Gs
Arena	2.65 - 2.67
Arena limosa	2.67 - 2.70
Arcilla inorganica	2.70 - 2.80
Suelos con micas o hierro	2.75 - 3.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.10 Proctor modificado

Sirvió para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)). (MTC E115, 2016)

Se elige entre los métodos A, B o C que indica la Tabla N°28 de la norma MTC E 115, los cuales definirán en que molde se realizará el ensayo de Proctor modificado. En suelos finos se puede elegir el método A, en donde el material a utilizar es el que pasa por el tamiz (N°4).

Tabla 28: Métodos para ensayo Proctor modificado – MTC E 115

Proctor modificado	Método		
	A	B	C
Pasa malla	20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4	Más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8"	Más del 20% del peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4"
N° de capas	5	5	5
Golpes / capa	25	25	56
Diámetro del molde	4"	4"	6"

Fuente: MTC E 115, 2014

Se tomo el peso del molde de 4" y el volumen del molde que es estándar 944 cm³. Se tomará aproximadamente 16 kg de muestra para la realización del ensayo, luego usar aproximadamente 2.5 Kg para cada espécimen a ser ensayado, seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, los incrementos de contenido de agua no deberán excederse de 4%. Después de mezclar el suelo con cada incremento de agua, se vaciará la muestra en el molde en 5 capas, y se deberá aplicar 25 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5N) desde una altura de 18 pulgadas (457 mm) para cada capa, se retirará el suelo excedente compactado de la parte superior del molde.

Se enazará, con ayuda de una regla metálica, limpiará y luego se pesará el molde más muestra compactada, se extraerá una cierta cantidad del núcleo de la muestra y se pesará, se colocará a la estufa para calcular la humedad correspondiente, con la finalidad de obtener el óptimo contenido de humedad, se determina la densidad seca, así como su respectiva humedad. Se gráfica y mediante la fórmula polinómica se halla la óptima humedad (OCH) y la densidad seca máxima, para los cálculos se aplican las siguientes formulas:

$$\text{Ecuación 19... } Yh = \frac{Wm}{Vc}$$

$$\text{Ecuación 20... } Y_{ds} = \frac{Y_h}{1 + \frac{W\%}{100}}$$

Donde:

Wm: peso de la muestra compactada (g)

Vc: volumen del cilindro (cm^3)

Yh: densidad humedad

Yds: densidad seca

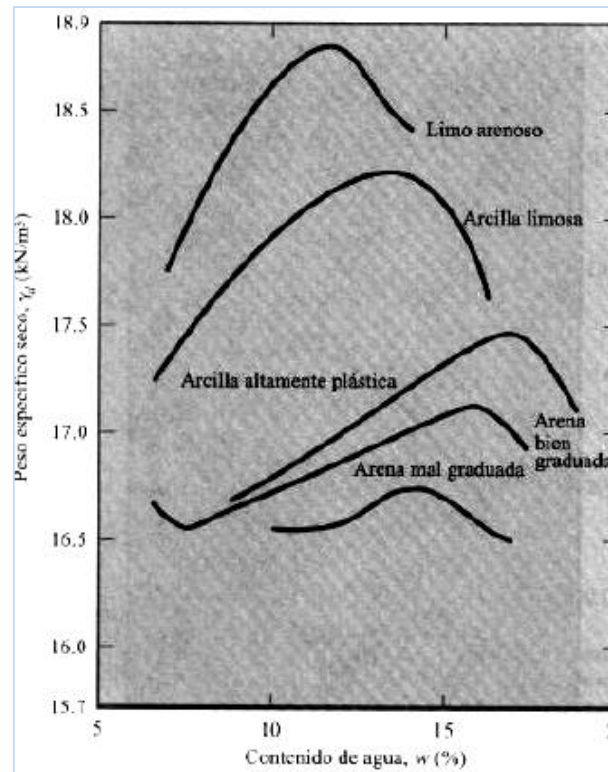
W: humedad

Tabla 29: Toma de datos para Proctor modificado

N° de ensayo	P1	P2	P3	P4	P5	P6
% Porcentaje de Agua						
Peso del molde (g)						
Peso de muestra húmeda + molde (g)						
Densidad húmeda (g/cm^3)						
Densidad seca (g/cm^3)						
Contenido de humedad	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
Peso de lata (g)						
Peso de tara + muestra húmeda (g)						
Peso de tara+ muestra seca (g)						
Peso de agua (g)						
Peso de muestra húmeda (g)						
Peso de muestra seca (g)						
% Humedad						
% H. promedio						

Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 24: Curvas típicas de compactación (Shuan, 2004)



Fuente: Taller básico de mecánica de suelo Proctor UNI, 2004

B.11 Caracterización química

B.11.1 Medición de conductividad y pH

Se inicio los ensayos a la arena, suelo y agua seleccionada para el desarrollo de la tesis hallando las propiedades químicas como la conductividad y pH. Para el ensayo se necesita como muestra de 50 g aproximadamente, la relación a usa con el agua destilada es muestra (1) / agua destilada (2), luego hacer la agitación respectiva hasta homogenizar completamente la muestra, para posteriormente determinar la lectura de datos.

Tabla 30: Toma de datos de conductividad y pH

Material	Conductividad (us/cm)	pH

Fuente: Elaboración propia, 2019

B.11.2 Difracción de rayos X

El fundamento de esta técnica reside en el fenómeno conocido como dispersión de una radiación X cuando incide sobre una estructura. Se utilizó este ensayo para conocer los componentes mineralógicos que contienen el suelo, estos

componentes van a denotar las características y comportamientos que poseen cada uno de las proporciones de suelo a utilizar.

C. Diseño, conformado y curado de probeta

Se elaboro moldes rectangulares de maderas estandarizadas con 10 divisiones de 5 cm x 5cm x 5 cm.

Las proporciones que se utilizaron fueron, (3) arena gruesa: (1) tierra y (2) arena gruesa: (1) tierra, para obtener el porcentaje de agua se obtuvo de algunas pruebas preliminares, con la finalidad de obtener una buena trabajabilidad y buen acabado, se observó que con el porcentaje de 12% de agua en relación al peso de la mezcla, se obtuvo esas características, corroborando esto también con el ensayo de límite plástico de la tierra y verificando por el ensayo de Proctor al obtener las mejores propiedades del suelo.

Posteriormente se realizan las probetas patrones, mezclando en un recipiente la tierra, arena gruesa y manteniendo constante el porcentaje de agua para un total de 280 g para una muestra, homogenizado la mezcla se colocó en un espacio cúbico del molde rectangular en 3 capas, apisonando cada capa hasta llenar.

Tabla 31: Cantidades para la preparación de mezcla

Proporción Arena gruesa: Tierra	Arena gruesa (g)	Tierra (g)	Agua (g)
3:1	210	70	33.6
2:1	186.7	93.3	33.6

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se retiraron las probetas de los moldes de madera después de 48 horas con mucho cuidado, se rotuló cada mortero con su respectiva variación de mezcla, se dejó reposar en el proceso de curado de aproximadamente 15 días, hasta que la pérdida de peso del mortero sea constante, ver tabla N°48.

D. Preparación y aplicación de silicato de etilo y paraloid

D.1 Preparación y aplicación de silicato de etilo

En base al antecedente de Roberto morales que se mencionó en el capítulo 1, realizaremos la dosificación del silicato de etilo, nos menciona que, para 1 metro cuadrado, utiliza 1 litro de alcohol de 96° y ½ litro de silicato. De acuerdo a ello y con la regla de tres simple obtuvimos la cantidad requerida para nuestros morteros, ver Tabla N°32.

Tabla 32: Dosificación de silicato de etilo y alcohol para 1 mortero

Solución	25% S	30% S	35% S	40% S	
22.50 ml	Silicato	5.63	6.75	7.88	9.00
	alcohol	16.87	15.75	14.62	13.50

Fuente: Elaboración propia, 2019

Sin embargo, se aplicó una solución en base a 4 morteros, que es la cantidad de replicas a utilizar por cada dosificación, como se mencionó anteriormente en el cálculo de tamaño de muestra, siendo la nueva solución como se muestra en la tabla N°33.

Tabla 33: *Dosificación de silicato de etilo y alcohol para 4 morteros*

Solución		25% S	30% S	35% S	40% S
90 ml	Silicato	22.50	27.00	31.50	36.00
	alcohol	67.50	63.00	58.50	54.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

Debe estar limpio y seco totalmente los morteros para que logre una mejor impregnación, luego mediante el uso de un aspersor se aplicó el silicato de etilo en sus diferentes porcentajes y con la ayuda de una compresora de presión entre 30 – 70 Psi, se aplicó toda la dosificación de solución para los 4 morteros, en 3 capas a una distancia constante entre 12 a 15 cm.

Después de haber aplicado el consolidante a los morteros se los monitoreo en función de su peso, como se observa en la tabla N°100 (Anexo N°07).

D.2 Preparación y aplicación de paraloid

Se preparó la dosis de paraloid en diferentes porcentajes (2, 4, 6, 8), diluido en thinner de buena calidad, los morteros deben estar limpios y secos totalmente para que logre una mejor impregnación, con el aspersor se aplicó el paraloid en diferentes porcentajes con ayuda de la misma compresora usada anteriormente, se aplicó solo colocarle una capa puesto que se observa un oscurecimiento del mortero, se comprobó también cuando se hizo los ensayos preliminares, la concentración de solución solo es en base del total que se requiera aplicar, teniendo así la dosificación para 1 y 4 morteros como se muestra en las siguientes tabla N°34 y N°35, respectivamente.

Tabla 34: *Dosificación de Paraloid y thinner, para 1 mortero*

Solución		2% P	4% P	6% P	8% P
22.50 ml	Paraloid	0.45	0.90	1.35	1.80
	thiner	22.05	21.60	21.15	20.70

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 35: *Dosificación de Paraloid y thinner, para 4 morteros*

Solución		2% P	4% P	6% P	8% P
90 ml	Paraloid	1.80	3.60	5.40	7.20
	thiner	88.20	86.40	84.60	82.80

Fuente: Elaboración propia, 2019

E. Ensayos

E.1 Resistencia a la compresión

Se ensayaron las probetas cúbicas, primero se realizó la medición del área de contacto con un vernier digital, se limpió las superficies planas superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta. Se usó la máquina universal automática de ensayos de compresión de la marca CONTROLS la cual tiene una capacidad de carga máxima de 50KN, se colocaron las probetas a ensayar a velocidad mínima, una vez realizado el ensayo el programa guardó los datos registrados en un USB, donde reportó datos de fuerza y desplazamiento, junto a gráficas colocadas en apéndice. La resistencia a la compresión se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a la compresión (F'c)} = \frac{F}{A} \dots \text{Ecuación 21}$$

Donde:

F'c: Resistencia a la compresión. (kg/cm²)

F: Carga axial aplicada. (kg)

A: Área del espécimen. (cm²)

Tabla 36: Toma de datos de resistencia a la compresión

Porcentaje	Dosificación	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Compresión (N/mm ²)	Compresión (Kg/cm ²)

Fuente: Elaboración propia, 2019

E.2 Durabilidad

Se tomo como referencia a las investigaciones de (Llacza, 2018) y de (Nureña, 2017). Consiste en someter a las probetas secas en un estado de saturación por agua, esto por tiempos determinados según requiera el análisis, por lo mencionado en los antecedentes en el capítulo 1 ítem 1.2, se sumergieron bajo agua por el periodo de 30 minutos y 120 minutos, después se extraen los morteros y se dejan secar al aire libre para luego ser colocados a la estufa a 110 ± 5 °C hasta el día siguiente, para que puedan estar en un estado completamente seco, luego de ser retirado pesar el mortero nuevamente, a continuación hallar la pérdida de peso usando la siguiente ecuación.

$$\text{Variación pérdida de pesos} = P_i - P_f \dots \text{Ecuación 22}$$

$$\% \text{ Pérdida de pesos} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100 \dots \text{Ecuación 23}$$

Donde:

Pi: Peso inicial

Pf: Peso seco final luego de ser sumergido al agua

Tabla 37: Toma de datos para durabilidad al agua

Porcentaje %	Muestra	Peso inicial	Peso final	Variación de pérdida de peso	Porcentaje de Variación de pérdida de peso

Fuente: Elaboración propia, 2019

E.3 Colorimetría

Se utilizó el colorímetro CR-400 triestímulo de la marca Konica Minolta, es un colorímetro de tres campos, dispone de tres fotocélulas sensibles a valores cromáticos normalizados X, Y, Z. Contiene una lámpara de arco de xenón que sirve para la iluminación difusa de la probeta o muestra a medir. Se coloca perpendicularmente a la superficie y la luz reflejada sobre ella es recogida por el cable de fibra óptica para realizar los análisis, después mediante un baucher el colorímetro te arroja los resultados. Posteriormente convertimos a pasar al modelo CIElab desde XYZ, para ello lo primero es disponer de un blanco de referencia o de un difusor reflectante perfecto, este blanco de referencia son los valores X_n , Y_n y Z_n , calibrador de referencia (D65). Para calcular las coordenadas del sistema CIElab, se obtienen de acuerdo con las siguientes transformaciones:

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \dots \text{Ecuación 24}$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \dots \text{Ecuación 25}$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \dots \text{Ecuación 26}$$

Tomando en cuenta que:

$$X/X_n, Y/Y_n \text{ y } Z/Z_n = f(I)$$

$$I^{1/3}, I > 0.008856$$

$$7.787 (I) + \frac{16}{116}, I \leq 0.008856$$

Tabla 38: Toma de datos para colorimetría

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje Muestra	Z	Y	X	Promedio						
					Z	Y	X	L	a	b	

Fuente: Elaboración propia, 2019

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Caracterización de la materia prima

3.1.1. Contenido de humedad y materia orgánica

Tabla 39: *Contenido de humedad y materia orgánica*

Ensayo	Tierra	Arena gruesa
Contenido de humedad	2.15	0.88
Materia orgánica	1.2	-

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.2. Cantidad de material fino, análisis granulométrico por tamizado y por medio del hidrómetro

Tabla 40: *Granulometría de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)*

Textura	Proporción		
	Tierra pura	Arena gruesa 2:1 Tierra	Arena gruesa 3:1 Tierra
% Grava	0	1.1	1.4
% Arena (N° 4 a N° 200)	24.5	72.4	82.2
% Finos (<N° 200)	47.5	16.5	10.4
% Limos	28.0	10.0	6.0
% Arcillas	0.1	1.2	1.8
MF			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 41: *Granulometría de la arena gruesa*

Textura	Arena Gruesa
% Grava	2.0
% Arena (N° 4 a N° 200)	97.0
% Finos (<N° 200)	1.0
MF	2.5

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.3. Gravedad específica de la tierra, arena gruesa y tipos de proporciones

Tabla 42: *Gravedad específica de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)*

Ensayo	Proporción		
	Tierra pura	Arena gruesa 2:1 Tierra	Arena gruesa 3:1 Tierra
Gravedad específica	2.74	2.71	2.70

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 43: *Gravedad específica y absorción de la arena gruesa*

Ensayo	Arena gruesa
Gravedad específica	2.66
Absorción	2.43

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.4. Límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y clasificación SUCS

Tabla 44: LL, LP, IP y clasificación SUCS de la tierra y los tipos de proporción de suelo

Ensayo	Tierra	Arena gruesa 2 : 1 Tierra	Arena gruesa 3 : 1 Tierra
Límite líquido	26	20	17
Límite plástico	14	12	11
Índice de plasticidad	12	8	6
	CL	SC	SC-SM
SUCS	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arena arcillosa	Arena arcillosa limosa

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.5. Proctor modificado

Tabla 45: Proctor modificado de la tierra y de los tipos de proporción (2:1 y 3:1)

Ensayo	Tierra	Arena gruesa 2 : 1 Tierra	Arena gruesa 3 : 1 Tierra
Proctor modificado - Óptimo contenido de humedad	12.50	9.00	8.90
Densidad seca máxima	1.85	1.91	1.88

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.6. Conductividad y grado de pH

Tabla 46: Análisis químico de la materia prima

Ensayo	Tierra	Arena gruesa	Agua
Conductividad (dS/m)	0.9	0.5	2.0
pH	7.80	8.04	8.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.7. Análisis químico mineralógico por DRX

Tabla 47: Composición mineralógico de la tierra

Nombre del mineral	Formula general	Resultado aproximado %
Cuarzo	SiO ₂	60
Mica (Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	14
Plagioclasa (Oligoclasa)	(Ca,Na)(Al,Si) ₄ O ₈	6
Clorita (Clinocloro)	(Mg,Fe) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	4
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	3
Feldespato - K (Ortoclasa)	KAlSi ₃ O ₈	3
Calcita	CaCO ₃	3
Pirofilita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2
Montmorillonita	(Na,Ca) _{0,3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) _{2n} (H ₂ O)	2

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.1.8. Tiempo de secado

Tabla 48: tiempo promedio de secado de las probetas patrones

	Dias					
	2	4	7	10	13	15
Proporción de mezcla 2:1	265.62	256.23	252.39	251.13	250.60	250.37
Proporción de mezcla 3:1	270.90	261.83	259.21	258.63	258.13	257.96

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2 Ensayos físicos

3.2.1. Durabilidad

Tabla 49: Durabilidad de los morteros bajo agua

Tipo de Consolidante	Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Peso (Gr)	(%)	
			Variación de pérdida de peso (Pi - Pf)	Porcentaje de variación de pérdida peso	
Patrón	3:1	0%	257.96	100.00	
	2:1		250.37	100.00	
Paraloid	3:1	2%	123.25	47.58	
		4%	10.63	4.16	
		6%	1.39	0.54	
		8%	0.19	0.07	
	2:1	2%	98.77	39.66	
		4%	4.82	1.90	
		6%	0.23	0.09	
		8%	0.17	0.07	
		3:1	25%	12.21	4.74
			30%	7.27	2.80
35%	0.05		0.02		
40%	0.03		0.01		
Silicato de etilo	2:1	25%	6.02	2.41	
		30%	0.76	0.30	
		35%	0.03	0.01	
		40%	0.03	0.01	

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2.2. Colorimetría

Tabla 50: Colorimetría de los morteros

Tipo de Consolidante	Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Promedio colorimétrico		
			L	a	b
Patrón	3:1	0%	59.08	5.41	18.74
	2:1		57.42	5.61	17.73
Paraloid	3:1	2%	59.33	5.35	18.55
		4%	54.45	5.05	17.31
		6%	57.26	4.94	16.56
		8%	55.19	4.44	15.28
	2:1	2%	58.78	5.32	17.67
		4%	57.42	5.23	16.91
		6%	53.26	4.56	14.90
		8%	53.20	3.92	13.80
		25%	61.18	5.79	19.58
		30%	61.28	6.01	19.58
Silicato de etilo	3:1	35%	61.53	6.34	19.80
		40%	63.68	6.66	19.92
		25%	58.47	5.78	18.38
	2:1	30%	59.22	5.82	18.47
		35%	58.74	6.05	18.81
		40%	59.03	6.26	19.58

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.3 Ensayo mecánico

3.3.1. Resistencia a la compresión

Tabla 51: Resistencia a la compresión de los morteros

Tipo de Consolidante	Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Promedio Resistencia (Kg/cm ²)
Patrón	3:1	0%	8.80
	2:1		11.04
Paraloid	3:1	2%	9.30
		4%	9.32
		6%	9.35
		8%	10.22
	2:1	2%	12.16
		4%	12.56
		6%	12.59
		8%	13.06
Silicato de etilo	3:1	25%	14.06
		30%	14.33
		35%	14.91
		40%	15.02
	2:1	25%	17.41
		30%	17.43
		35%	18.11
		40%	20.68

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.4 Evaluación económica

Las cantidades de consolidante químico empleado son de acuerdo a las dosificaciones obtenidas de esta investigación. Los precios HH de la mano de obra están acorde a la tabla salarios y beneficios sociales (del 01.06.2019 al 31.05.2020).

Tabla 52: Costo de la consolidación química

Tipo de consolidante	Porcentaje	Costo m ²
Paraloid	2%	39.86
	4%	47.36
	6%	54.86
	8%	62.36
Silicato de etilo	25%	48.28
	30%	55.24
	35%	62.23
	40%	69.22

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5 Evaluación estadístico

Tabla 53: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de resistencia a compresión

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teorico
A	1	235.56	235.56	5177.33	3.95
B	7	248.66	35.52	780.76	2.12
C	1	5.79	94.40	2074.71	3.95
AxB	7	6090.56	870.08	19123.39	2.12
AxC	1	1.20	1.20	26.47	3.95
BxC	7	5.79	0.83	18.17	2.12
AxBxC	7	99.18	14.17	311.42	2.12
Error	96	4.37	0.05		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 54: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de durabilidad

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teorico
A	1	538.31	538.31	2596.21	3.95
B	7	6244.32	892.05	4302.21	2.12
C	1	210.83	137.81	664.65	3.95
AxB	7	7582.59	1083.23	5224.25	2.12
AxC	1	17.89	17.89	86.30	3.95
BxC	7	210.83	30.12	145.26	2.12
AxBxC	7	330.75	47.25	227.88	2.12
Error	96	19.91	0.21		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 55: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de colorimetría

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teorico
A	1	50.10	50.10	23.73	3.95
B	7	76.60	10.94	5.18	2.12
C	1	36.86	12.75	6.04	3.95
AxB	7	7406.72	1058.10	501.14	2.12
AxC	1	7.87	7.87	3.73	3.95
BxC	7	36.86	5.27	2.49	2.12
AxBxC	7	31.74	4.53	2.15	2.12
Error	96	202.69	2.11		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 56: Resultados de prueba de normalidad

Ensayos	Prueba de Normalidad					
	Kolmogorov - Smimov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compresión (Kg/cm ²)	,100	80	,047	,929	80	,000
Colorimetría (Color)	,074	80	,200	,976	80	,135
Durabilidad (%)	0,386	80	,000	,623	80	,000

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

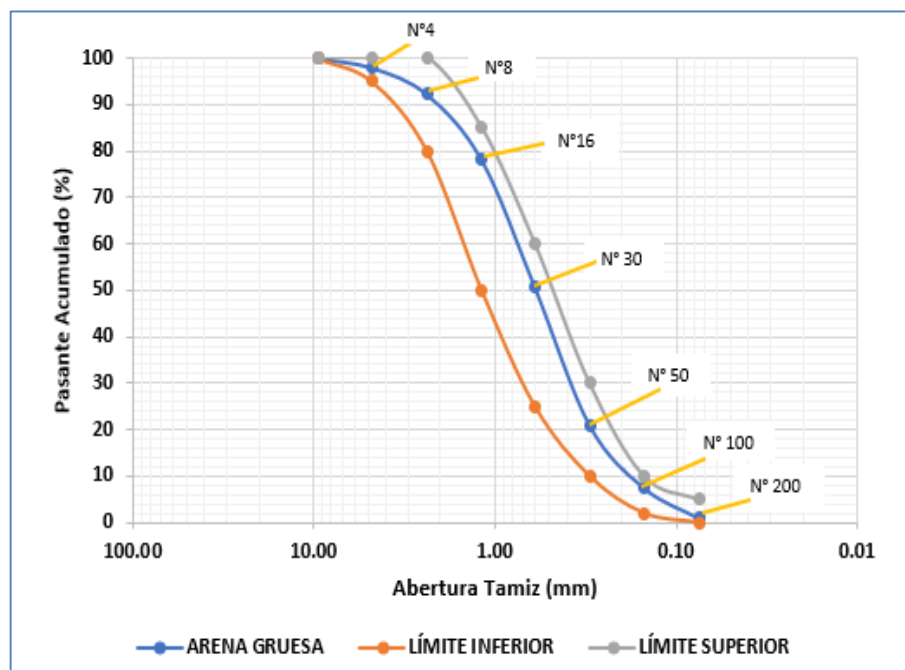
4.1 Discusión

El fin de la investigación es evaluar el tipo, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, en morteros de conservación sobre la compresión, durabilidad y colorimetría.

4.1.1. Caracterización de la arena gruesa

Es de mucha importancia las propiedades físicas de la arena gruesa, para la elaboración de los morteros. La granulometría nos permite ver la distribución de las partículas de la arena, que influye con la cantidad de vacíos en su interior, puesto que en caso estas partículas presenten un mismo tamaño no habría un buen acomodo de la misma. Como se observa la figura N°25, nos muestra una aceptable granulometría porque cumple con los husos granulométricos que estipula la norma ASTM C33, en donde las abscisas representan la abertura del tamiz en (mm) y las ordenadas, el porcentaje acumulado que pasa en cada tamiz, presenta fracciones de todos los tamaños de granos.

Figura 25: Curva granulométrica de la arena gruesa



Fuente: Elaboración propia, 2019

Para interpretar la textura de la arena, nos apoyamos del módulo de finura, que nos indica que a mayor sea el valor más grueso es la arena, también un módulo de finura muy pequeño significa que tiene mayor superficie específica y la adición de una mayor cantidad de agua al diseño. El módulo de finura obtenida es de 2.5, el cual está en el rango entre 2.3 y 3.1, que pertenece a una arena gruesa. A su vez la arena gruesa tiene un contenido del 1% que pasa la malla N° 200, cumpliendo con la norma NTP 400.018, la cual indica un contenido máximo del 3% que pase la malla N° 200 (menor a 75 μm).

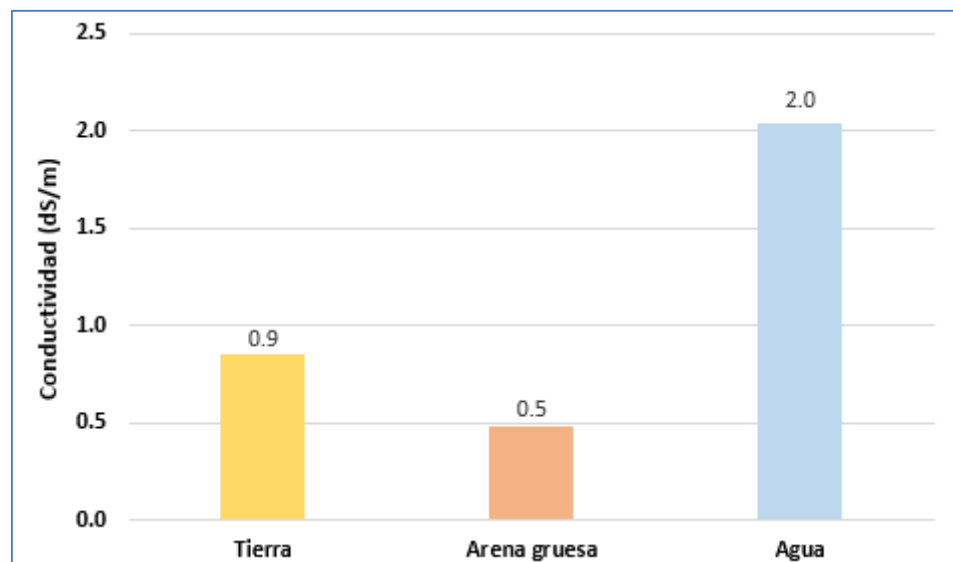
El contenido de humedad nos muestra la cantidad de agua que tiene este agregado en su estado natural, el contenido de humedad resulto de 0.88%, lo que significa que la arena gruesa aporta una cantidad baja a la mezcla.

El peso específico seco o gravedad específica seca es la propiedad la cual nos indica la calidad del agregado, entretanto mayor es el peso específico se obtendrá un material con mejor comportamiento, la gravedad específica de la arena gruesa resulto de 2.66 gr/cm^3 , dicho valor se encuentra en el rango de $2.6 - 3.0 \text{ gr/cm}^3$ como lo establece la NTP 400.022.

La absorción que presento la arena gruesa fue de 2.43 %, representa la capacidad máxima de agua que puede retener en los poros del material, la cual cumple con lo estipulado en la NTP 400.022, la cual señala que la absorción de los agregados fino debe estar entre el rango de 0.2% y 5%, por lo tanto, la arena gruesa muestra un valor conforme a los requerimientos de la norma.

4.1.2. Caracterización química de la materia prima

Figura 26: Conductividad (ds/m) de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

Según la figura N°26 y de acuerdo a la clasificación de conductividad, tanto la tierra como la arena gruesa tiene un resultado de 0.9 dS/m y 0.5 dS/m, respectivamente, considerados como suelos sin salinidad. En tanto el agua con 2 dS/m es considerado como ligeramente salino. Estos materiales se pueden usar, ya que no presentaron salinidad fuerte ni extrema, que nos indica que de 0 a 2 dS/m se clasifican como suelos normales.

La cristalización de las sales es una de las causas más comunes de deterioro, el desarrollo de cristales de sal ocasiona un aumento de volumen de estas fases minerales, que causa tensiones en los poros, cuanto más tiempo una solución

salina permanece en los poros, mayor es el daño que pueden sufrir los materiales de construcción (Eduardo, 2008)

el pH de la arena gruesa y el agua resulto de 8.04 y 8.00, respectivamente. Se les consideran como un material básico y de la tierra su pH fue de 7.8 que le asigna como medianamente básico. La evaluación química muestra que el material es apto para ser utilizados como agregado sin ningún problema de sales o eflorescencias a futuro. Cabe recalcar que los valores por debajo 6.5 son ácidos, valores superiores a 6.5 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales.

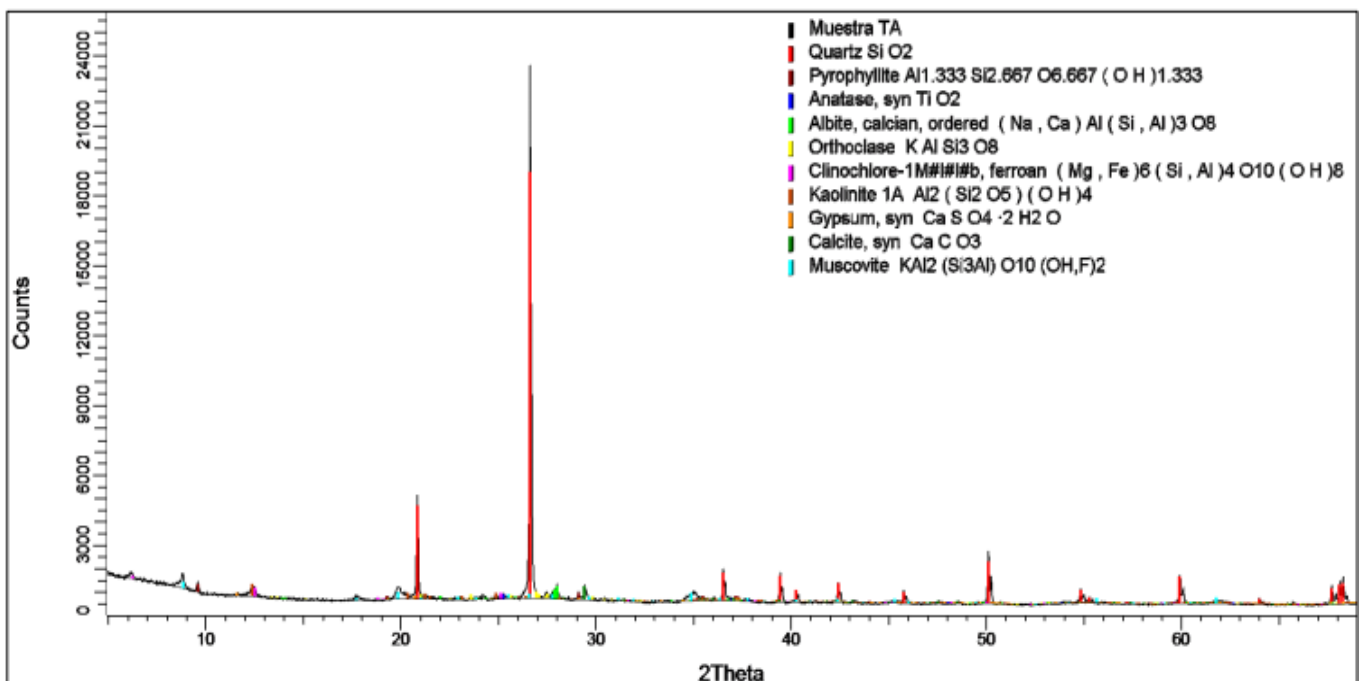
El análisis de difracción de rayos X ha permitido determinar la composición química y la estructura cristalina de la tierra. Se realizó la determinación semicuantitativa de las fases cristalinas presentes en la muestra, la imperfección cristalina natural de los materiales muestra diversos patrones representadas en forma de bandas o líneas que dan información precisa de los defectos estructurales, como se observa en la figura N°26 y cuyo porcentaje de presencia aproximado se muestra en la tabla N°46.

Se encontró la presencia de cuarzo SiO_2 , tras el feldespato es el más común de la corteza terrestre, destaca por su dureza (7 en la escala de Mohs) y resistencia a la meteorización en la superficie terrestre, disminuye la contracción en los morteros, puesto que posee propiedades desecantes; Como segundo mineral en mayor porcentaje se encontró la Mica (Moscovita) perteneciente a la familia de los filosilicatos con una densidad baja de 2.83 g/cm^3 y con una dureza de 2 a 2.5 (escala de Mohs); la plagioclasa $(Ca, Na)(Al, Si)_4O_8$ es la disolución sólida isomorfa de un subgrupo de feldespatos entre la albita $(NaAlSi_3O_8)$ y la anortita $(CaAl_2Si_2O_8)$, mejora la plasticidad de la mezcla en los morteros, tienen variedad de uso ya sea en la elaboración de porcelanas, vidrio, cerámicas y en la fabricación de bloques de concreto; la clorita $(Mg, Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$, perteneciente del grupo de los filosilicatos su dureza entre 2-2,5 Mohs (blando) . Y con mínima presencia porcentual se encuentra la caolinita $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$ que es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas; el Feldespato $(KAlSi_3O_8)$ todos los feldespatos son minerales duros, la dureza de estos minerales es de 6,0 a 6,5 Mohs, la densidad de los feldespatos alcalinos varía entre 2,5 y $2,6 \text{ g/cm}^3$ y se utilizan para la elaboración de vidrios, cerámicas y porcelanas; la calcita $(CaCO_3)$ La calcita es muy común y tiene una amplia distribución por todo el planeta, se calcula que aproximadamente el 4 % en peso de la corteza terrestre es de calcita, se emplea para la fabricación de materiales cerámicos, obtención de la cal, cemento Portland, en industria química, etc.; la pirofilita es un silicato de alúmina hidratado, cuya fórmula es $(Al_2Si_4O_{10}(OH)_2)$ y su composición teórica es 66,7% SiO_2 , 28,3% Al_2O_3 y 5% H_2O , normalmente está mezclado con caolinita, alunita y cuarzo, su dureza entre 1.5-2 en la escala de Mohs. Y por

último en un 2% de presencia se encuentra la montmorillonita $((Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2n(H_2O))$ es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas.

Se debe resaltar que el mineral en mayor porcentaje de presencia es el cuarzo con un 60%, disminuyendo la contracción del suelo evitando fisuras; la presencia de silicatos de aluminio hidratados hace referencia a la presencia de arcilla es en su variedad sílica, se caracteriza por adquirir plasticidad y actúa como aglutinante envolviendo los granos de cuarzo; también, por tener partículas muy cohesivas al ser mezclada con agua; y la importancia de identificar la presencia de las montmorillonitas debido a su propiedad de incrementar el volumen, se expande al contacto con el agua, es de carácter expansivo, resultando ser el mineral con menor presencia, como se indicó anteriormente.

Figura 27: Difracto grama de la tierra



Fuente: Laboratorio Bizalab, 2019

4.1.3. Caracterización de la tierra

Mediante la granulometría, hidrometría y los límites de atterberg, se pudo clasificar los tipos de suelos que se utilizó, se pudo clasificar mediante la clasificación unificada de suelos (SUCS), como se observa en la figura N°28, la tierra pura supera más de la mitad que pasa por el tamiz N°200, por lo cual se le considera como suelo de grano fino, contiene un límite líquido de 26% y un índice de plasticidad de 12, situándose en la clasificación como CL, siendo una arcilla inorgánica de baja plasticidad.

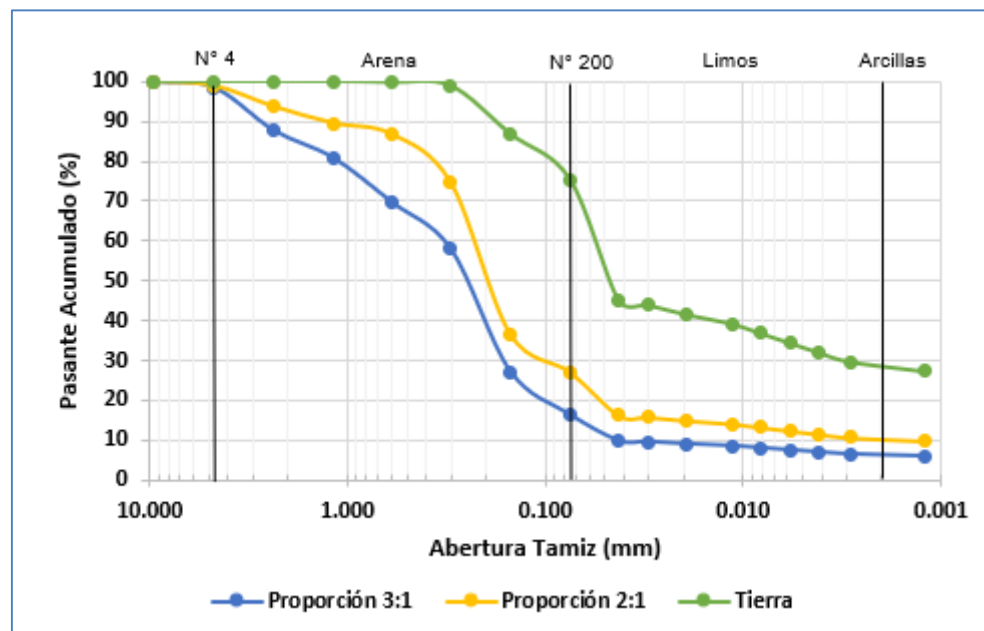
Tanto la proporción de mezcla 2: 1 y 3:1 (Arena gruesa: tierra), tienen más de la mitad retenido en el tamiz N°200, se le considera como suelo de grano grueso, también superan más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número

N°4, considerado como arenas con apreciable cantidad de fino, para la proporción 3: 1 que tiene un límite líquido de 17% y un índice de plasticidad de 6, como se encuentra en la zona de un IP entre 4 y 7, se le considera SC – SM, considerado como arena arcilloso limosa. Y para la proporción 2: 1 con un límite líquido de 20% y un índice de plasticidad de 8, ubicándose por encima del IP > 7, se le estima como un suelo SC, adopta este suelo como nombre de arena arcillosa.

Los valores de módulo de finura de la tierra y proporción de mezcla 2: 1 y 3: 1, presentan de 0.1, 1,2 y de 1.8.

Al tener un valor muy bajo indica que las tierras tienen una uniformidad de tamaños en su composición por lo que hay un mayor acomodo de las partículas de arena, esto le confiere mayor compactación, por lo tanto, menor porosidad al dejar menos espacios libres al tener diferentes tamaños que se empaqueten entre sí (Marin & Rodriguez, 2018).

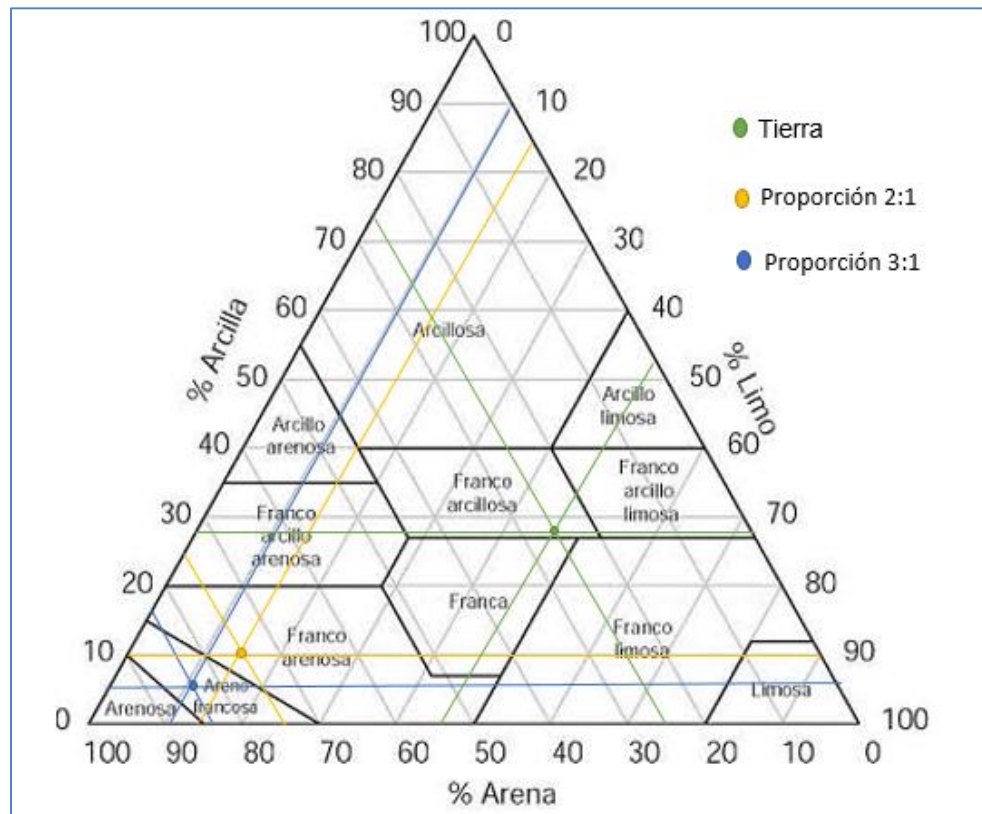
Figura 28: Curva granulométrica de la tierra, proporción de mezcla 3:1 y 2:1



Fuente: Elaboración propia, 2019

También se clasifico de acuerdo a su textura, para ello se necesita el % de arena, limo y arcilla. La tierra presenta un 24.5% de arena, 47.5% de limos y 28% de arcilla, lo cual ubicándonos en el diagrama de textura como se muestra en la figura N°28, indica que la textura de este suelo es franco arcilloso. Para la proporción de mezcla 3: 1 se obtuvo 1.4% grava, 82.2%de arena, 10.4% de limos y 6% arcillas, considerándolo de acuerdo a diagrama de textura como un suelo areno francoso. Y para el suelo de proporción 2: 1 alcanza porcentaje de 1.1% en grava, 72.1% de arena, 16.5% de limos y 10% de arcilla, clasificándolo como un suelo franco arenosa

Figura 29: Diagrama de textura



Fuente: Agromática – textura del suelo, 2019

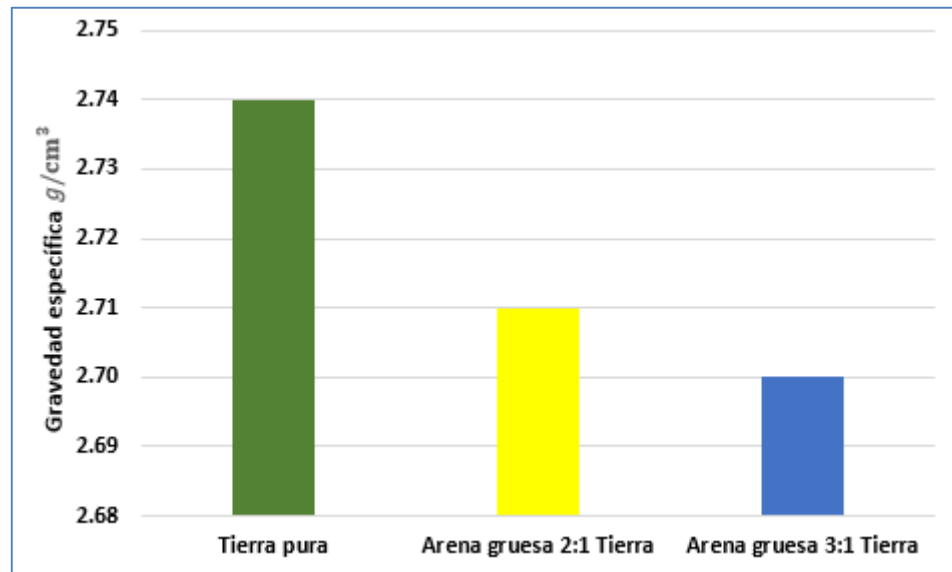
Sobre el análisis de plasticidad, la tierra sola contiene un límite líquido de 26%, límite plástico de 14% e índice de plasticidad de 12, en las proporciones de mezcla 2: 1 y 3: 1 se obtuvo índices de plasticidad de 8 y 4, respectivamente. La disminución del IP se debe por el contenido de arena en la mezcla, que frena la naturaleza arcillosa de la tierra que arrastra consigo una desventaja por efecto de la contracción, reduciendo las fisuras. Ambas proporciones se encuentran dentro de las zona franco – arena, recomendable al ser una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, esto supone un equilibrio entre permeabilidad y retención al agua; además al añadir arena gruesa genera mejores propiedades mecánicas pero a la vez en abundancia contrae disminución de la cohesión, pero que se contrapone la arcilla que está en su contenido consiguiendo la cohesión necesaria.

La cantidad de agua depende de la cantidad de finos que tenga el suelo, a más finos la capacidad de absorber agua será mucho mayor, como se observa en los resultados de límite plástico que se obtiene en las proporciones de 2: 1 y 3: 1 con resultados de 12 y 11, correspondientemente, valores menores que el de la tierra sola. El contenido de agua es fundamental en la consistencia del mortero.

El contenido de material orgánico presente en la tierra fue de 1.2%, el cual está libre de impurezas, adecuada para la construcción y conservación. Además, el contenido de humedad que presenta de 2.15%.

La gravedad específica, muestra la relación entre la masa de las partículas del suelo y el volumen que ocupa. Se obtuvo para la tierra, proporción 2: 1 y 3: 1, los valores de 2.74, 2.71 y 2.70 g/cm^3 , respectivamente. La disminución de la gravedad específica como se muestra en la figura N°30 se debe a medida que hay mayor presencia de arena, de acuerdo a la tabla N°27, a la tierra pura se le considera como arcilla inorgánica y para las proporciones de 2:1 y 3: 1, se le pueden considerar como arena limosa.

Figura 30: Gravedad específica de los suelos

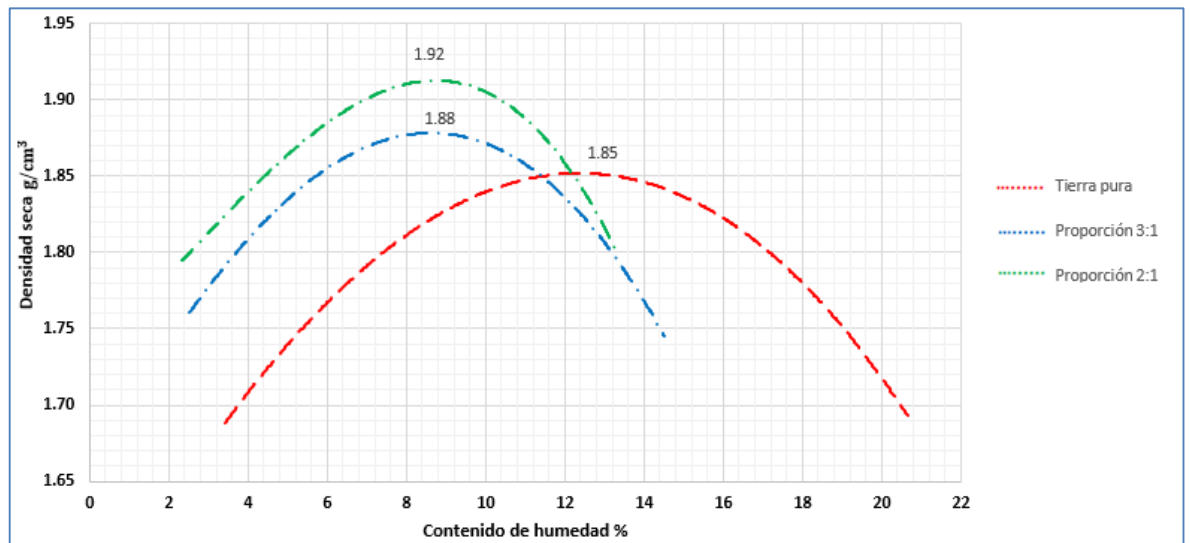


Fuente: Elaboración propia, 2019

Del Proctor modificado se pudo analizar el comportamiento de las partículas del suelo, como se observa en la figura N°31, las proporciones de mezcla 2:1 y 3:1 obtienen densidades mayores que el de la tierra pura de $1.85 \text{ g}/\text{cm}^3$, resultando de 1.92 y $1.88 \text{ g}/\text{cm}^3$, respectivamente. Este incremento en la densidad se debe con la adición de arena gruesa en la mezcla, la relación arena – arcilla del suelo es de mucha importancia, ya que si no hay suficiente arcilla en la mezcla no se conseguirá la cohesión necesaria de todas las partículas para soportar las acciones a las que estará sometida. Sin embargo, hay que tener cuidado con la adición de arena, puesto que aumenta la porosidad, disminuye la cohesión y disminuye sus propiedades mecánicas. El uso del Proctor nos rectifica que al añadir la arena gruesa aumenta la densidad y sus propiedades mecánicas, debido que al compactar los granos de la muestra (arena gruesa y tierra) se acomodan, buscando los espacios vacíos, expulsando el aire, disminuyendo la relación de vacíos. Nos indica que la proporción de mezcla más óptima es la de 2:1 (Arena gruesa: tierra), hay un mejor acomodo equilibrado y la cohesión necesaria que aporta la arcilla, aumentado su densidad.

También se reduce la cantidad de agua para obtener la densidad seca máxima, reduciendo porosidad y aumentando la propiedad mecánica.

Figura 31: Proctor modificado de los suelos



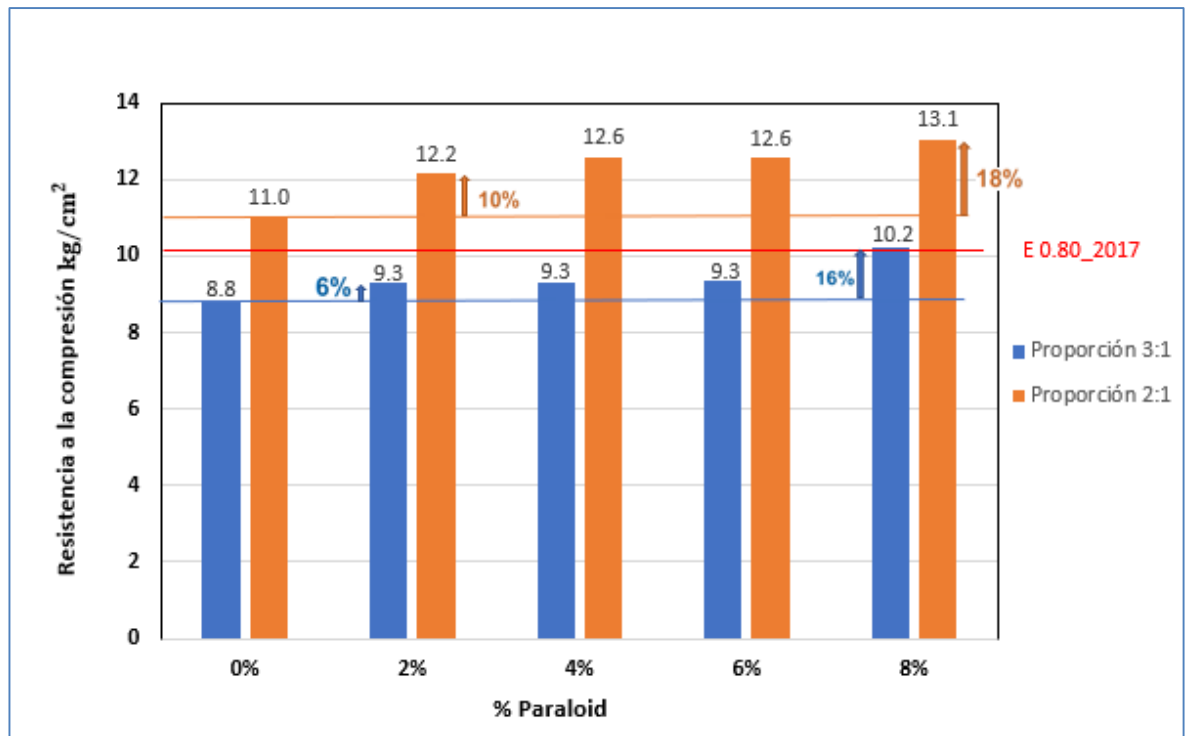
Fuente: Elaboración propia, 2019

El contenido de humedad se obtuvo de acuerdo a la cantidad de agua en porcentaje del total de mezcla del suelo que se utilizó para cada Proctor, la tierra por ser un suelo arcilloso obtuvo el óptimo contenido de humedad más alto con el 12.50%. A medida que aumento la cantidad de arena, disminuyo el óptimo contenido de humedad para las proporciones 2:1 y 3:1, siendo de 9% y 8.90%, respectivamente.

La densidad lograda aumenta ya que el agua actúa como lubricante entre las partículas del suelo, incrementándose la densidad hasta cierto punto en el cual al seguir añadiendo agua, la densidad empieza a decrecer; el agua ha dejado de desplazar aire y como es incompresible, empieza a desplazar las partículas de suelo, incrementando el volumen y disminuyendo la densidad (Proctor, 1993)

4.1.4. Resistencia a la compresión

Figura 32: Resistencia a la compresión – Paraloid



Fuente: Elaboración propia, 2019

La figura N°32 nos muestra el comportamiento de la proporción de mezcla y el porcentaje de paraloid, indicando que la proporción de mezcla 2:1 (arena gruesa: tierra), tiene valores mayores que la proporción de mezcla 3:1 (arena gruesa: tierra), también supera el límite dado por la NTE E.080_2017 de 10.2 Kg/cm².

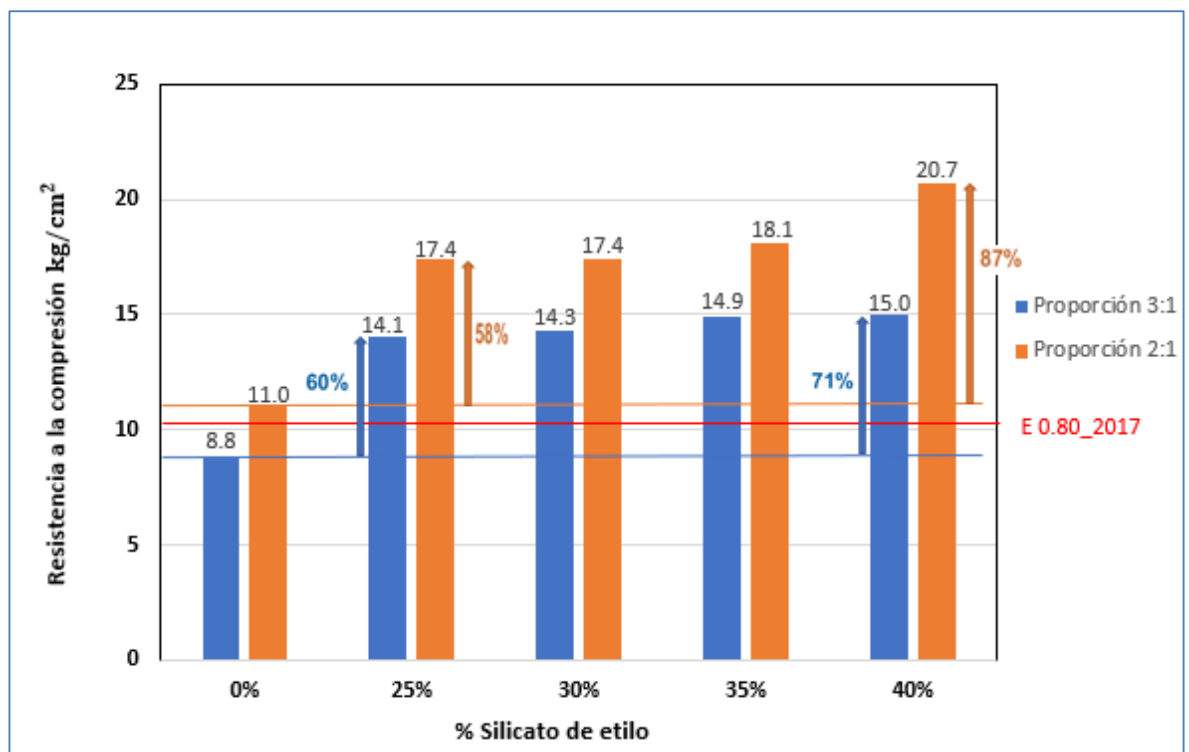
De los resultados de clasificación de suelos la proporción 3:1 que en porcentaje se representa como un 75% de arena gruesa y 25% de tierra, es un tipo de suelo SC – SM y de textura areno francosa, tiene poca presencia de arcilla, por tanto, no habrá una buena cohesión entre los elementos lo que conlleva a una disminución de su resistencia mecánica. A comparación del suelo con proporción de mezcla 2:1 equivalente a un 67% de arena gruesa y 33% de tierra, es un tipo de suelo SC y de textura franco arenosa, presenta más contenido de arcilla la cual consigue una cohesión necesaria de todas las partículas para soportar las sollicitaciones a las que será sometido.

La relación arena – arcilla es importante y se debe al mejor acomodo y compactación de las partículas de arena gruesa sobre la tierra, se refleja en los resultados obtenidos para la proporción de mezcla de 2:1 y 3:1 de 11 Kg/ cm² y 8.8 Kg/ cm² , respectivamente. Los resultados de los morteros aplicados con paraloid, muestran un incremento de resistencia a la compresión a medida que aumenta el porcentaje de consolidante, para la proporción 3:1 con el 2% de paraloid aumentó en un 6% con relación a la probeta patrón y al 8% de paraloid incremento en un 16% obteniendo

10.2 Kg/cm² logrando el mínimo establecido por la NTP E 0.80_2017 (Artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos) de 1 Mpa o 10.2 Kg/cm². En la proporción 2:1 logra un aumento de 10% y 18% con la adición del 2% y 8% de paraloid, respectivamente. La proporción de 2:1, tiene mejor funcionalidad, debido a que tiene menores espacios vacíos y mejor adherencia entre las capas de la tierra, permitiendo un anclaje entre tierra y arena gruesa, por ende, aumenta su característica mecánica de resistencia a la compresión.

El poco incremento que otorga el paraloid es debido que no tiene una afinidad con el mortero, como resina acrílica solo actúa en la superficie del mortero solidificándose como resultado de una ligera capa endurecida, que incrementa a mayor concentración de aplicación, como se visualiza en la figura N°31 que acrecienta mínimamente su resistencia a medida que aumenta el porcentaje de uso de Paraloid.

Figura 33: Resistencia a la compresión – Silicato de etilo



Fuente: Elaboración propia, 2019

Se observa en la figura N°33 existe un incremento considerable a comparación del Paraloid, debido a que el gel de sílice formado por el silicato de etilo, tienen sus capas fuertemente unidas por enlaces puente de hidrógeno con la parte mineral de las moléculas del mortero, adhiriéndose mediante adsorción en la superficie, llegando a obtener un incremento del 58% y 60% en comparación a la probeta patrón de la proporción de mezcla 2: 1 y 3:1, respectivamente, con la mínima aplicación del 25% de silicato de etilo.

Además, la resistencia más alta que se obtuvo fue de 20.7 Kg/cm² y de 15 Kg/cm² con el uso del 40% de silicato de etilo, con la proporción de mezcla 2: 1 y 3: 1, correspondientemente.

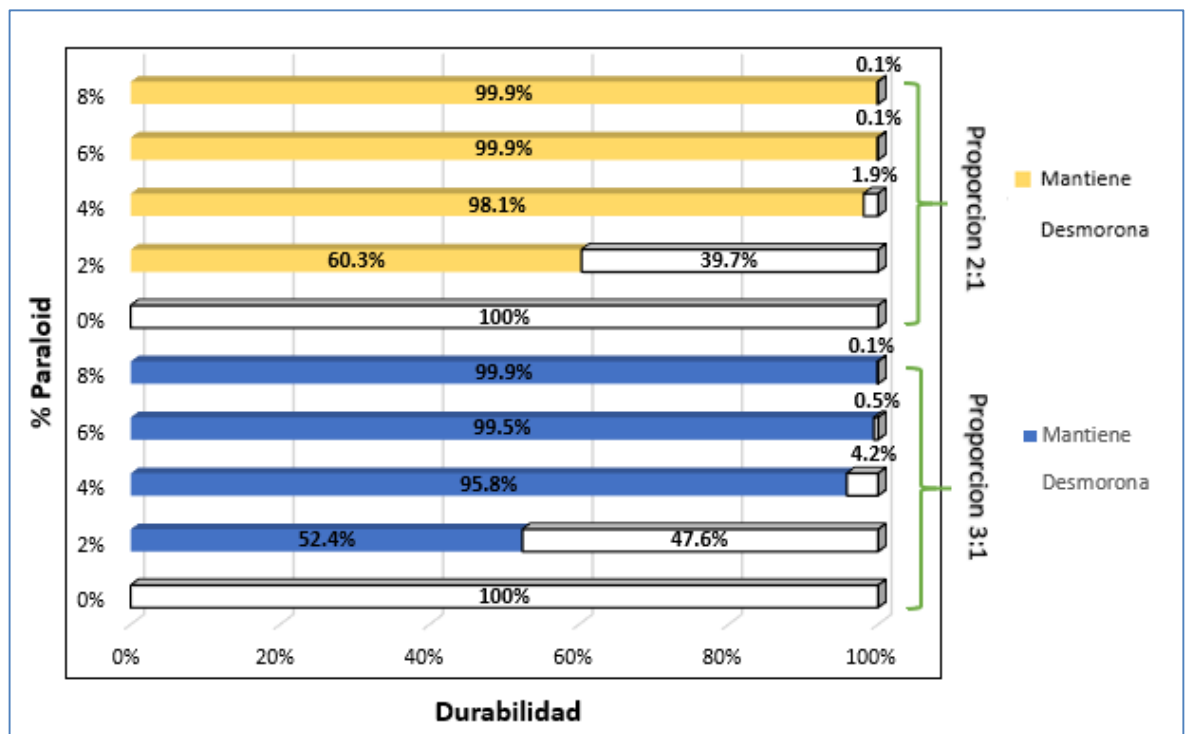
Cabe indicar que la resistencia a la compresión con el uso del silicato supera la resistencia mínima que indica la norma E. 0.80_2017.

El producto final del silicato de etilo es gel de sílice, que forma una red sobre la superficie presentando una buena compatibilidad y durabilidad, adhiriéndose perfectamente a la superficie reduciendo el espacio vacío y creando puntos de conexión, otorgando a la superficie nuevas propiedades mecánicas (Mendoza, 2018)

Los elementos de cohesión son la arcilla y hasta cierto punto el limo, las partículas de arcilla se adhieren bien unas a otras y a la arena, dándole firmeza al mortero, de ello se observa que el suelo con proporción 2: 1 presenta mejores propiedades mecánicas.

4.1.5. Durabilidad

Figura 34: Durabilidad – Paraloid

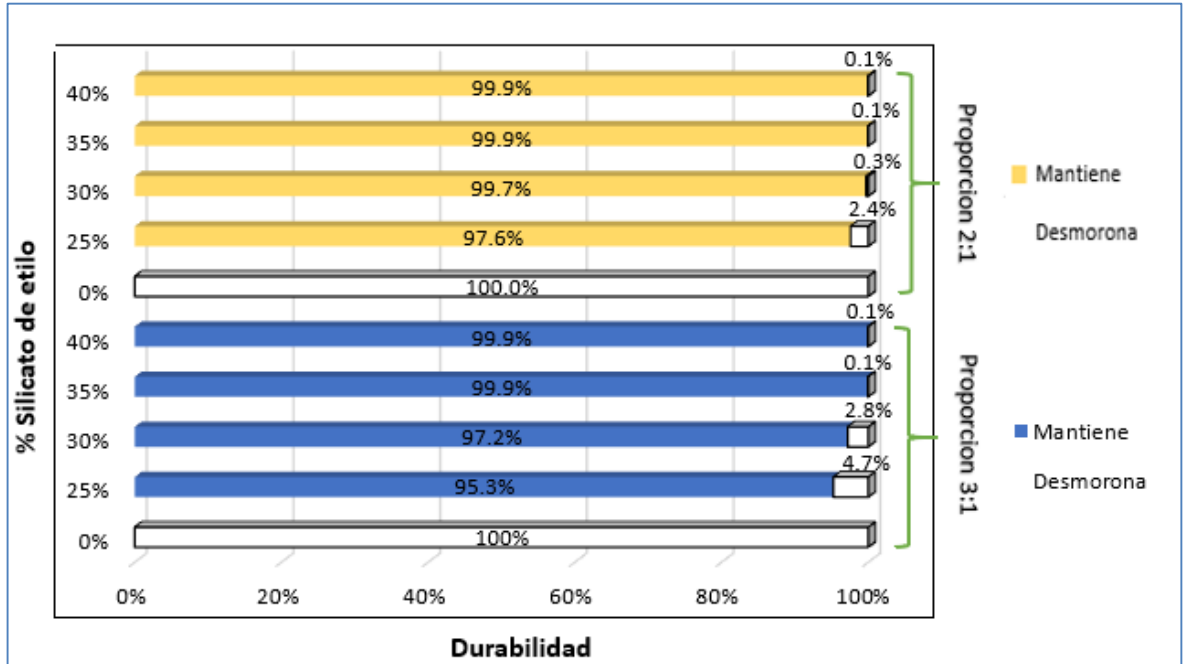


Fuente: Elaboración propia, 2019

Los patrones en ambas proporciones de mezcla se desmoronan por completo como se observa en la figura N°34, la aplicación del paraloid al 2% desarrolla una ligera mejora en los morteros donde se mantiene el 60.3% y 52.4% en las proporciones de mezcla 2:1 y 3:1, respectivamente. Y a medida que va aumentando su concentración la durabilidad incrementa abruptamente es así como se refleja en la proporción de mezcla 2: 1 manteniéndose al 98.1%, 99.9%

y 99.9% y con la proporción 3: 1 se mantiene al 95.8%, 99.5% y 99.9% con la aplicación al 4%, 6% y 8% de paraloid, correspondientemente. Esto se debe que, como propiedad como resina, recubre y se solidifica la superficie del mortero, disminuyendo la porosidad evitando el paso de agua y el movimiento de esta en su interior, no permite la acumulación de humedad en su interior evitando el desprendimiento y a su vez el crecimiento de materia orgánica, preservando su durabilidad.

Figura 35: Durabilidad – Silicato de etilo



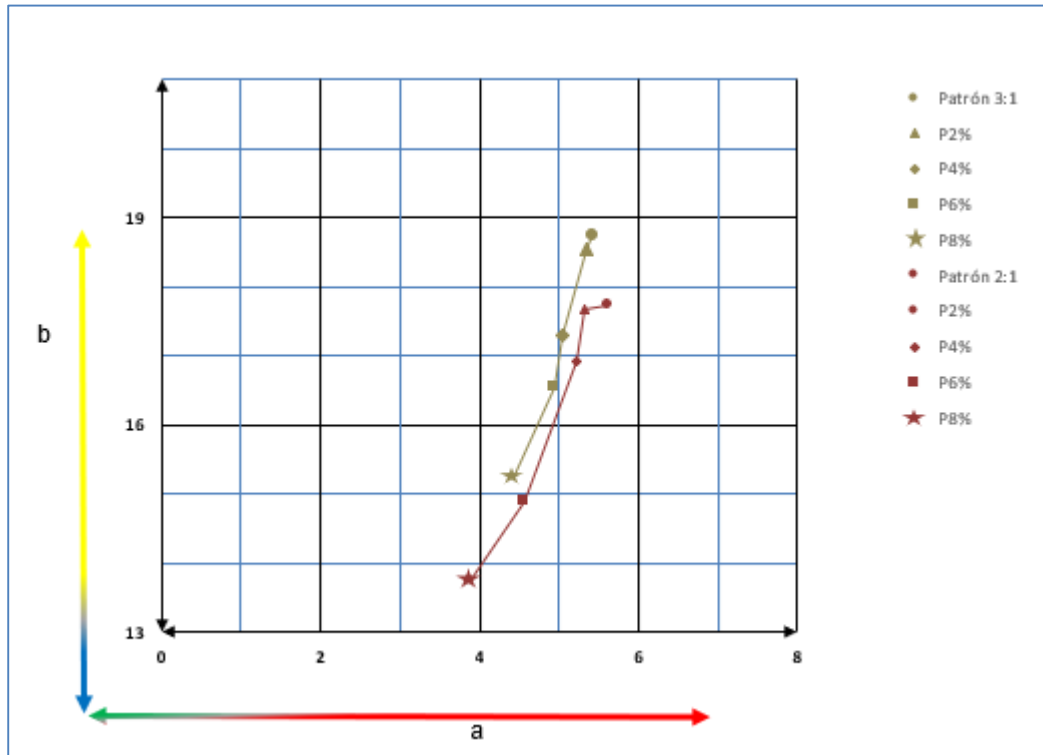
Fuente: Elaboración propia, 2019

Los morteros patrones se desmoronan por completo debido a que la arcilla es soluble en agua y tiene poca durabilidad frente al ataque del medio ambiente (lluvia, sol, humedad capilar, precipitación pluvial, etc.), expuesto frente al agua, puede aumentar la susceptibilidad a la aparición de grietas, a los daños mecánicos, a la aparición de eflorescencias y hasta la misma pérdida de la materia. Como se observa en la figura N°35 que el silicato interactúa de mejor manera con la proporción de mezcla 2:1 (arena gruesa: tierra), con un 25% de silicato se obtiene resultados de 2.4% y 4.7% de desprendimiento en las proporciones de suelo 2:1 y 3:1, respectivamente. Y a medida que aumenta la concentración de silicato los resultados son mejores, dejando intacto a los morteros frente al agua como se puede observar con el 40% de silicato en ambas proporciones, el 0.1% de desprendimiento, esto se debe puesto que los ésteres de sílice reaccionan con las partículas de arcilla, formando una red tridimensional de puentes de sílice que aumentan la resistencia al agua de este material, debe asegurar que el tratamiento tengo un efecto de larga duración, la superficie mantiene su porosidad original, con la ventaja que la humedad interna puede

evaporarse y se pueden realizar tratamientos posteriores de cualquier tipo (Alva & Chiari, 1984). La proporción 2: 1 a comparación de la proporción 3: 1, tiene más contenido de arcilla consiguiendo una mejor interrelación con el silicato de etilo incrementando la durabilidad del mortero.

4.1.6. Colorimetría

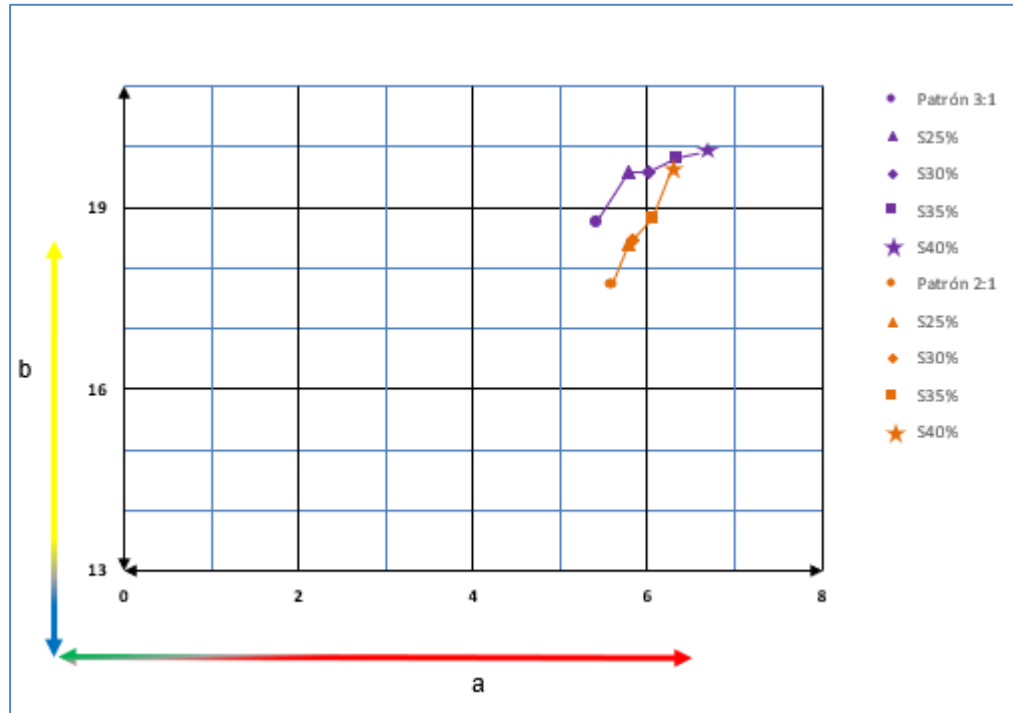
Figura 36: L, a, b – Paraloid



Fuente: Elaboración propia, 2019

De la figura N°36 se observa que los datos conseguidos para las probetas con la aplicación de paraloid en la variación de su porcentaje (2%, 4%, 6% y 8%) en las proporciones de suelo 3:1 y 2:1 (Arena gruesa: Tierra), tienden a ubicarse en el plano Rojo - Amarillo, se encuentran ligeramente dispersas, a medida que va incrementando el porcentaje de paraloid se va acercando al eje neutro (oscureciéndose), el cambio de tonalidad al 2% de paraloid en ambas proporciones es desestimable, en comparación al 8% en donde el cambio de tonalidad es muy notorio, en comparación a la probeta patrón.

Figura 37: L, a, b – Silicato de etilo

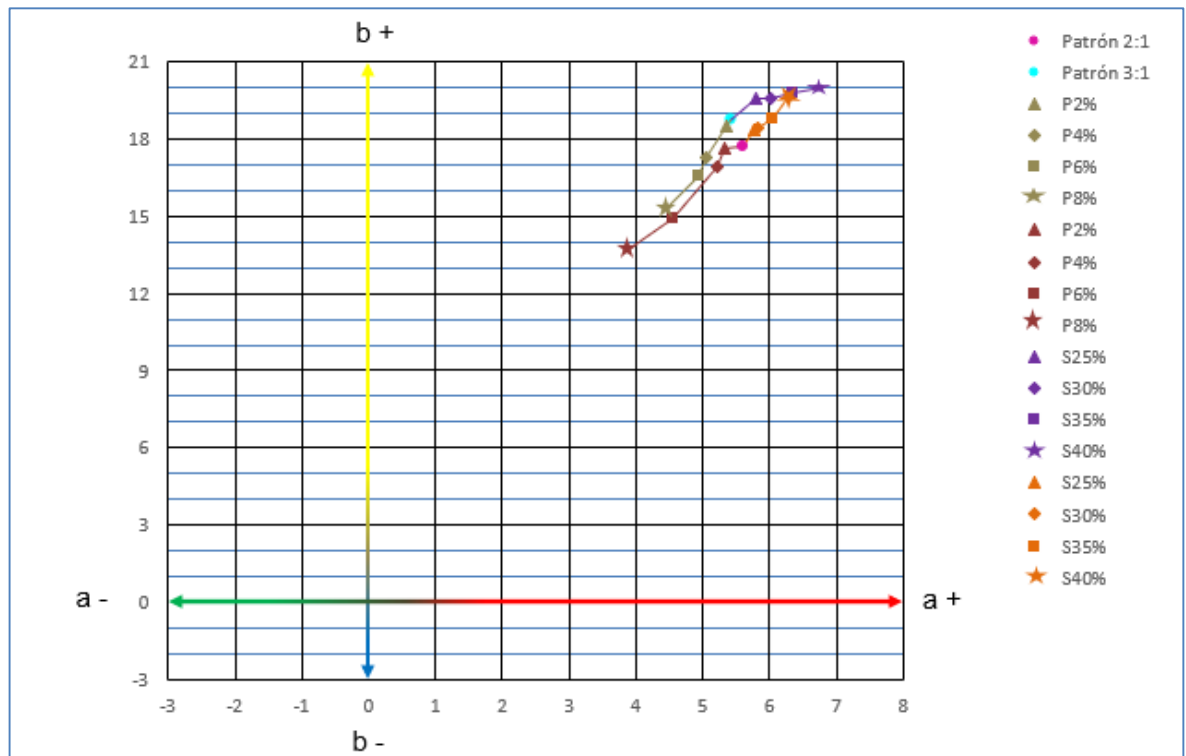


Fuente: Elaboración propia, 2019

De la figura N°37 se aprecia que los datos obtenidos para las probetas con la utilización de silicato de etilo, tiende a ubicarse en el plano de tonalidad rojo – amarillo, no se encuentran muy dispersas, a medida que se incrementan los porcentajes se intensifican su tonalidad a una tendencia más clara, las probetas con menor porcentaje de silicato de etilo, no están alejados de la posición colorimétrica de las probetas patrones, se considera que se requiere una diferencia de dos unidades en este sistema de coordenadas colorimétricas para que una diferencia en color sea visible con el ojo humano.

De la intercalación de las figuras N°36 y N°37 , se obtuvo la gráfica del diagrama CIE L*a*b* que se muestra en la figura N°38, logrando establecer que los morteros presentan tonalidades rojas – amarillas, como era de esperarse pues este adquiere dicho color por la tierra arcillosa que contiene en su mezcla, también observándose que hay una mayor dispersión de tonalidad a medida que aumenta los porcentajes de consolidantes, el incremento del uso de paraloid al (6% y 8%) opaca al mortero mientras que el aumento de uso de silicato al (35% y 40%) aclara los morteros, los porcentajes menores de aplicación de consolidante son colorimétricamente comparables con los morteros patrones

Figura 38: *Dispersión de valores en sistema CIE L*a*b**



Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.7. Evaluación económica

Se logró determinar el costo de la aplicación para ambos consolidantes y con sus respectivos porcentajes.

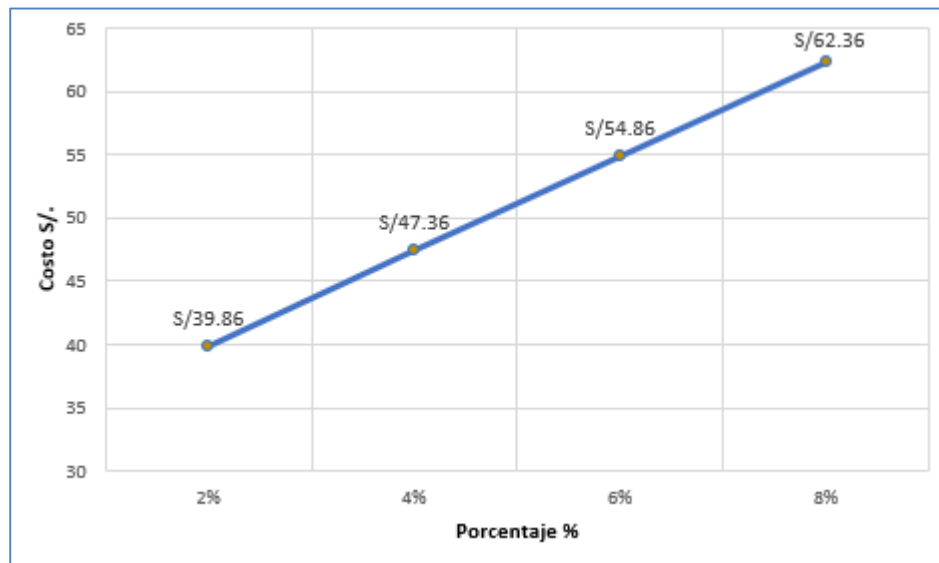
En la figura N°39 se muestra una comparación del costo de la aplicación del consolidante paraloid entre sus dosificaciones 2% y 8%, tiene el mayor costo en el uso del 8% de 62.36 soles y el menor costo con 2% de 39.86 soles,

El costo del uso de paraloid es menor al del silicato, esto se debe a que para aplicar el paraloid se utilizan porcentajes bien bajos, no puede aumentar porque oscurece a todo el material a conservar.

Por su parte el costo de la consolidación química con silicato de etilo al presentar valores altos de porcentajes en su uso, el costo incrementa como se observa en la figura N°40, donde se aprecia que al 25% el costo es de 48.28 soles e incrementa proporcionalmente a medida que aumenta el porcentaje siendo el costo para el uso de 40% de 69.22 soles.

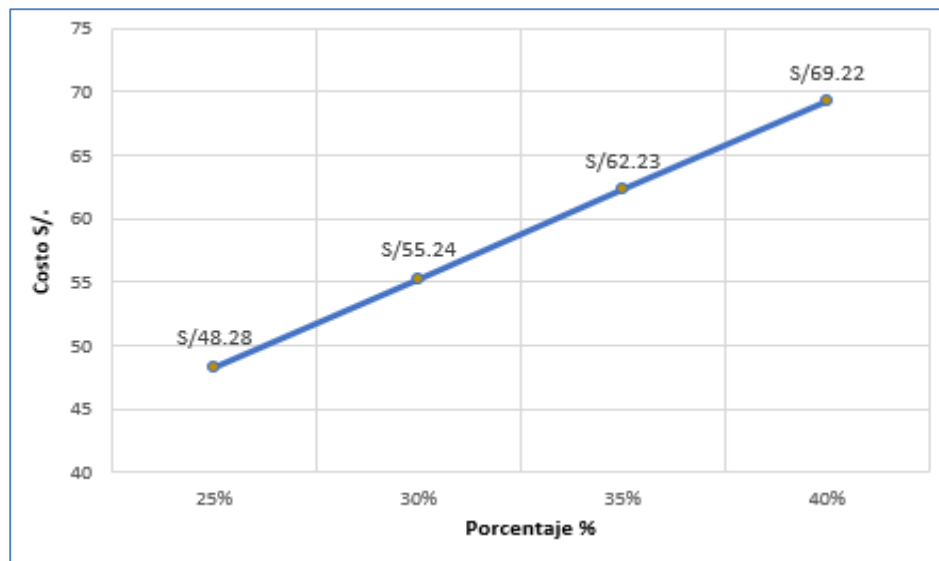
Si lo requerido es aplicar el porcentaje que sea más económico en cada producto sintético, se recomienda el uso del 4% de paraloid disuelto en thinner y 25% de silicato de etilo disuelto en alcohol, puesto que obtiene muy buenos valores de durabilidad, no hay alteración de color y sea aplicable de preferencia en suelos de proporción 2:1 (arena gruesa: tierra) donde presenta mejores propiedades mecánicas.

Figura 39: Costo aplicación con paraloid



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 40: Costo aplicación con silicato de etilo



Fuente: Elaboración propia, 2019

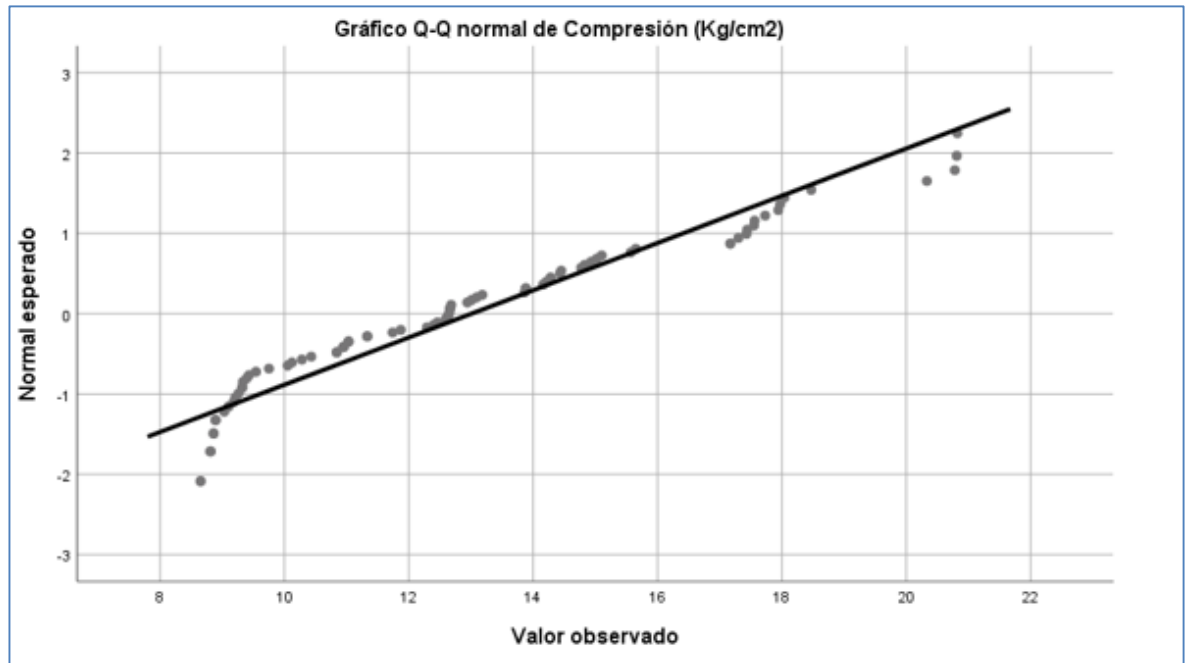
Estos consolidantes químicos presentan un alto costo económico, debido a sus inmejorables propiedades físico-químicas, por su gran capacidad para adherirse a la mayoría de superficies, porque permiten unos niveles muy altos de refuerzos y porque exigen una preparación mucha más precisa durante su uso

4.1.8. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se llegó a emplear para la comprobación de datos normales en el programa SPSS (Spectra Precision Survey), donde se pudo comprobar mediante la prueba de Kolmogorov – Smirnov (cuando el tamaño de la

muestra es mayor a 50) que los datos estaban dentro de una distribución normal, debido a que eran mayor que el porcentaje de error en ingeniería (Mayor o igual a 0.05), también se aprecia en la figura N°41 como se interpreta los datos para normalidad, obtenidos del programa.

Figura 41: Gráfica de normalidad de los resultados de compresión



Fuente: Elaboración propia, 2019

La línea negra con pendiente de 45° representa la distribución normal y los puntos gris la distribución de los datos de la muestra. Para decir que los datos se comportan conforme a la normal deben estar ubicados sobre la línea o lo más cercano posible.

Se utilizó el ANOVA, esta evaluación se realizó para los datos de las variables dependientes (compresión, durabilidad y colorimetría) según las variables independientes (tipo, porcentaje de aditivo y proporción de suelo), pueda validar la hipótesis, donde F experimental de cada variable dependiente fueron mayores al F teórico, por lo tanto, se aceptaron las hipótesis alternas. Como el F **EXPERIMENTAL > F TEÓRICO**

Se acepta: H1: Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019

Y se rechaza H0: No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019

4.2 Conclusiones

- La proporción de suelo 2:1 (Arena gruesa: Tierra) ofrece una mejor propiedad mecánica, por el hecho de ser un suelo más cohesivo que el de la proporción 3:1, puesto que la cantidad de arcilla en su contenido favorece en llenar los huecos que deja la arena gruesa. Obteniendo valores de 11.04 Kg/cm^2 y 8.80 Kg/cm^2 para lo que son la proporción de suelo 2:1 y 3:1, respectivamente.
- Los consolidantes a medidas que se aumenta la dosificación altera el color del mortero patrón, en el caso del paraloid cuando se incrementa el porcentaje, se tiende a oscurecer, el mejor porcentaje a utilizar es del 2% en paraloid. Por otra parte, el silicato, tiende a ser más brillante, contrario al paraloid, la concentración de silicato óptimo para que no altere significativamente al mortero patrón es del 25%
- El mejor resultado óptimo en lo que respecta a la durabilidad utilizando el paraloid, es del 4%, a medida que aumenta el porcentaje de concentración, la durabilidad incrementa. Obteniendo así que para la proporción de suelo 2:1 y 3:1 los resultados porcentajes de variación de pérdida de masa del 1.9 % y 4.2 %, respectivamente.
- El mejor resultado óptimo en lo que respecta a la durabilidad utilizando el silicato de etilo es del 25%, a medida que aumenta el porcentaje de concentración la durabilidad incrementa. Obteniendo así que para la proporción de suelo 2:1 y 3:1 los resultados en porcentajes de variación de pérdida de masa son del 2.4 % y 4.7 %, respectivamente.
- La resistencia mínima requerida se alcanzó en la proporción de suelo 3:1 con un 8% de concentración de paraloid, obteniendo 10.22 Kg/cm^2 incrementando en un 16% a relación de la probeta patrón, concentraciones menores aplicados al suelo 3:1 no alcanzaron la resistencia mínima requerida por norma
- El mejor resultado óptimo en lo que respecta a resistencia a la compresión en la proporción de suelo 2:1, utilizando el consolidante paraloid, fue al 2%, obteniendo una resistencia de 12.16 Kg/cm^2 , incrementando en un 10% a relación de la probeta patrón.
- El mejor resultado óptimo en lo que respecta a resistencia a la compresión utilizando el silicato de etilo es del 25%, a medida que aumenta el porcentaje de concentración la resistencia incrementa. Obteniendo así que para la proporción de suelo 2:1 y 3:1 los resultados de 17.41 Kg/cm^2 y 14.06 Kg/cm^2 respectivamente. Además, las resistencias más altas que se obtuvo fueron de 20.68 Kg/cm^2 y de 15.02 Kg/cm^2 con el uso del 40% de silicato de etilo, con la proporción de mezcla 2:1 y 3:1, correspondientemente.

- Se debe utilizar en morteros de conservación una concentración del 4% de paraloid debido a sus resultados que nos indica ser un porcentaje adecuado a utilizar.
- Se debe utilizar en morteros de conservación una concentración del 25% de silicato de etilo, puesto que sus resultados nos indican ser un porcentaje idóneo para poner en práctica, siendo más rentable a la vez.
- Se elaboró un análisis estadístico donde se verifica que las variables independientes influyen en las variables dependientes, es decir el tipo, porcentaje de consolidante y proporción de suelo, generan mejoras positivas en un mortero para conservación sobre la compresión, durabilidad y colorimetría, por ello que se acepta la hipótesis alterna.
- Se logro presupuestar la óptima dosificación para 1 m^2 de muro, resultando ser la dosificación de paraloid al 4% dando un costo de S/. 47.36 nuevos soles en comparación con los precios de otros porcentajes que se utilizaron en otras investigaciones llegando costar S/ 62.36 nuevos soles, concluyendo en un ahorro significativo del 24%
- Se logro presupuestar la óptima dosificación para 1 m^2 de muro, resultando ser la dosificación de silicato de etilo al 25% dando un costo de S/. 48.28 nuevos soles en comparación con los precios de otros porcentajes que se utilizaron en otras investigaciones llegando costar S/ 119.21 nuevos soles, concluyendo en un ahorro significativo del 60%

RECOMENDACIONES

- Evaluar la resistencia a la adherencia entre morteros consolidados en diferentes porcentajes aplicando aspersion e inmersión.
- Evaluar el grado de saturación de los morteros, antes y luego de ser aplicados tanto silicato de etilo y paraloid en un mortero de proporción de 3 de arena y 1 de tierra a diferentes porcentajes de aplicación por aspersion e inmersión
- Evaluar la resistencia al impacto antes y luego de ser aplicados tanto silicato de etilo y paraloid.
- Evaluar el comportamiento de los aditivos de conservación en un muro de techo (en base a tierra), expuesto ambiente húmedo y lluvioso.
- Evaluar la resistencia del mortero a la tracción en diferentes porcentajes aplicando aspersion e inmersión.

REFERENCIAS

- Academia. (28 de Noviembre de 2019). Obtenido de <https://www.academia.edu/7897052/Morteros-8558>
- Alva, A., & Chiari, G. (1984). *Protección y conservación de estructuras excavadas de adobe*. Roma, Italia.
- Carta del Restauero. (1972). *Artículo 10*. Italia.
- Carta del Restauero. (1987). *Artículo 2*. Italia.
- Casanova, G. (2005). *Impregnación de polímeros para la rehabilitación de estructuras patrimoniales de ladrillos*. Valparaíso .
- Chiari, G. (1983). *Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación*. Italia.
- Ciancaglini, N. (28 de Noviembre de 2019). *Course Hero*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/36014165/textrua-1111111pdf/>
- Cipsa. (27 de Noviembre de 2019). *GrupoCIPSA*. Obtenido de <https://www.cipsa.com.mx/26/noticias/diferencias-entre-suelos-cohesivos-y-granulares/>
- Collado, P. (2003). *Metodología de estudio del patrimonio arquitectónico y formación de equipos interdisciplinarios mediante la realización de campos de trabajo con estudiantes de varias disciplinas*. Cartagena.
- Comercio. (08 de Junio de 2019). Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/libertad-descubren-sitio-monumental-mochica-debajo-trujillo-fotos-noticia-ecpm-642851?foto=1>
- Contreras, C. (2016). *Salvemos las huacas*.
- Eduardo, P. (2008). *Deterioro en muros de edificaciones ocasionado por eflorescencia salinas*. Granada.
- Espinace, R., & Sanhueza, C. (2004). *Texto guía para la cátedra de mecánica de suelos*. Santiago de Chile.
- Fakolith. (28 de Noviembre de 2019). *Fakolith chemical systems*. Obtenido de https://www.fakolith.es/silicato-de-etilo-consolidante-etylite_producto_281.html
- Gutierrez, C., & Marqueze, A. (2001). *La conservación Arqueológica*. España.
- Higueras, P., & Oyarzun, R. (Noviembre de 2019). *Mineralogía y geoquímica ambiental: Introducción al curso*. Obtenido de https://previa.uclm.es/_users/higueras/MGA/Tema03/Tema_03_Suelos_3_1.htm
- Igea, J. (2011). *Caracterización de los materiales de construcción del Mudéjar aragonés. Diseño de nuevos morteros para su aplicación en restauración*. Zaragoza.
- Joaquín, R. (Enero de 2016). *RPubs*. Obtenido de rpubs.com/Joaquin_AR/218465
- Llacza, C. (2018). *Influencia de tipos de suelos y porcentajes de CaO en adobe prensado, sobre compresión, durabilidad y resistencia al agua, en zonas rurales, Trujillo 2018*. Trujillo.

- Marin, M., & Rodriguez, J. (2018). *Influencia del tipo de tierra, agregados y proporción de mezcla sobre la resistencia a la compresión, contracción y deformabilidad en morteros arqueológicos de la huaca de la luna*. Trujillo.
- Márquez, S. (2008). *Selección de los colores esenciales de una imagen digital*. Mexico.
- Mas, X. (2006). *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y replicas, de elementos pétreos escultórico - ornamentales*. Valencia.
- Mendoza, E. (2018). *Influencia del silicato de etilo 40 y paraloid b - 72 sobre la penetración de agua y porosidad superficial en adobes arqueológicos marrones de la huaca de la luna*. Trujillo.
- Ministerio de Cultura. (2016). *Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación. Ley N°28296*.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2017). *Norma E.080 "Diseño y construcción con tierra reforzada"*. Lima.
- Mora, P. (1983). *Conservación de revoques, estucos y mosaicos excavados*. Italia.
- Morales, R. (1983). *La conservación de estructuras y decoraciones de adobe en chan chan*. Peru.
- Morales, R. (2007). *Arquitectura prehispánica de tierra: conservación y uso social en las huacas de moche, Peru*. Trujillo.
- Morales, R. (2007). *Impacto de la Gestión Ambiental y Turístico Cultural en la Conservación de las Huacas de Moche, Valle de Moche*. Trujillo.
- Morales, R. (2019). *II Seminario internacional de investigación para la conservación de estructuras y superficies arquitectónicas prehispánicas de tierra*. Trujillo.
- MTC. (2016). *Ensayo de hidrometría MTC E109*. Lima.
- MVCS. (2014). *Fichas para la reparación de viviendas de adobe*. Lima.
- NTP 339.127. *Método de prueba para el Contenido de humedad*.
- NTP 339.128. *Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado*.
- NTP 339.129. *Método de prueba para el límite líquido*.
- NTP 339.129. *Límite plástico e índice de plasticidad*.
- NTP 339.131. *Gravedad específica del suelo*.
- NTP 339.134. (1999). *Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. Lima.
- NTP 339.141. *Proctor modificado*.
- NTP 400.018. *Cantidad de material fino que pasa el tamiz (N°200) por lavado*.
- NTP 400.022. *Gravedad específica y absorción de agregado fino*.
- Nureña, J. (2017). *Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo*. Trujillo.
- Predebón, L. (2005). *Posibilidades plásticas del polímero acrílico paraloid b-72 utilizando como aglutinante pictórico*. Madrid.

- Proctor, R. (1993). *Facultad de ingeniería Universidad de la Republica - Uruguay*. Obtenido de <https://www.fing.edu.uy/iet/departamentos/depto-de-ingenier%C3%ADa-geot%C3%A9cnica/laboratorio-ensayos-geotecnicos/ensayo-proctor>
- República. (19 de Junio de 2018). Obtenido de <https://larepublica.pe/politica/1263239-100-mil-turistas-llegan-trujillo-primer-trimestre>
- Sanchez, M. (2010). *Aplicaciones crométicas al silicato sobre dolomía: policromía de escultura en piedra con materiales contemporaneos*. Madrid.
- Schwartzbaun, P., & Lewin, S. (1983). *Investigación sobre el efecto a largo plazo del uso de un consolidante a base de silicato de etilo para el adobe*.
- Shuan, L. (2004). *Taller básico de mecánica de suelos - próctor modificado - UNI* . Lima.
- Soto, M. (2014). *Evaluación de la efectividad del silicato de etilo como consolidante para rehabilitar albañilería en edificios patrimoniales*. Santiago de Chile.
- Toirac, J. (2008). *El suelo - cemento como material de construcción* . Santo Domingo. Obtenido de <https://doi.org/10.22206/cys.2008.v33i4.pp520-71>
- UNI. (2006). *Gravedad específica de los suelos*. Lima.
- Unwto. (15 de Enero de 2018). Obtenido de <https://media.unwto.org/es/press-release/2018-01-15/resultados-del-turismo-internacional-en-2017-los-mas-altos-en-siete-anos>

APÉNDICE

Apéndice N°01: Verificación de la contrastación de la hipótesis

Los resultados obtenidos al ensayar los morteros de conservación se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza. Además, se trabaja con un valor de confiabilidad del 95 %, un intervalo de confianza que nos permiten aproximar, una vez calculado el valor de la variable en la muestra, entre qué rango de valores se encuentra el valor de la variable en la población, con un grado de incertidumbre que podemos determinar.

Datos previos:

H_1 : Hipótesis alterna

H_0 : Hipótesis nula

Hipótesis.

H_1 : Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019.

H_0 : No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, durabilidad y colorimetría, Trujillo 2019.

Grados de Libertad

G.L de las variables independientes

Tipo de consolidante (A)	Porcentaje de consolidante (B)
G.L = $a - 1$	G.L = $b - 1$
G.L = $2 - 1$	G.L = $8 - 1$
G.L = 1	G.L = 7
Proporción de suelo (C)	G.L de las variables conjugadas (C x A)
G.L = $c - 1$	G.L = $(c - 1) \times (a - 1)$
G.L = $2 - 1$	G.L = $(2 - 1) \times (2 - 1)$
G.L = 1	G.L = 1
G.L de las variables conjugadas (C x B)	G.L de las variables conjugadas (A x B)
G.L = $(c - 1) \times (b - 1)$	G.L = $(a - 1) \times (b - 1)$
G.L = $(2 - 1) \times (8 - 1)$	G.L = $(2 - 1) \times (8 - 1)$
G.L = 7	G.L = 7
G.L de las variables conjugadas (C x A x B)	
G.L = $(c - 1) \times (a - 1) \times (b - 1)$	
G.L = $(2 - 1) \times (2 - 1) \times (8 - 1)$	
G.L = 7	

G.L del error

$$G.L = a \times b \times c (n - 1)$$

$$G.L = 2 \times 2 \times 8 (4 - 1)$$

$$G.L = 96$$

Nivel de significancia

En ingeniería se trabajó con un 95% de confianza ($\alpha=0.05$)

Criterio de rechazo

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si $F_0 > F_{\alpha, V_1, V_2}$, donde:

F_0 se obtiene experimentalmente.

F_{α, V_1, V_2} , se obtiene de la tabla N°92 (Anexo N°06)

Asimismo, $V_1 = a - 1$, $V_2 =$ Grados de libertad del error, donde "a" es el número de niveles.

Cálculo del F teórico:

- Grados de libertad de A = 1
- Grados de libertad de B = 7
- Grados de libertad de C = 1
- Grados de libertad de A x B = 7
- Grados de libertad de A x C = 1
- Grados de libertad de B x C = 7
- Grados de libertad de A x B x C = 7
- Grados de libertad del error = 96

Tabla 57: Fteórico y valor según grados de libertad

Fteorico	Valor
A	3.952
B	2.122
C	3.952
AxB	2.122
AxC	3.952
BxC	2.122
AxBxC	2.122

Cálculo de la F experimental para los valores de resistencia a la compresión

Tabla 58: Estimación de Y_i, Y_j, Y_k para los datos de resistencia a la compresión

		A: Tipo de consolidante							
		Silicato				Paraloid			
		B: Porcentaje de consolidante							
		25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
C: Proporción de mezcla	2:1	17.17	17.17	17.97	20.78	12.40	12.29	12.59	13.09
		17.30	17.55	18.04	20.33	11.87	12.65	12.61	12.94
		17.44	17.43	17.94	20.82	11.74	12.64	12.68	13.18
		17.73	17.56	18.47	20.81	12.66	12.66	12.46	13.01
	3:1	13.88	14.16	13.88	14.77	9.26	9.32	9.10	10.43
		13.86	14.28	15.65	14.93	9.21	9.18	9.43	10.12
		14.28	14.43	15.10	15.57	9.39	9.03	9.32	10.28
		14.21	14.45	15.02	14.83	9.33	9.75	9.54	10.05

A x B x C		A: Tipo de consolidante								C
		Silicato				Paraloid				
		B: Porcentaje de consolidante								
		25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%	
C: Proporción de mezcla	2:1	69.63	69.70	72.43	82.74	48.66	50.24	50.35	52.22	495.97
	3:1	56.23	57.32	59.66	60.10	37.19	37.28	37.38	40.89	386.04
										882.01

AxB	SILICATO	PARALOID
25%	125.86	
30%	127.02	
35%	132.09	
40%	142.83	
2%		85.85
4%		87.52
6%		87.73
8%		93.11

AxC	SILICATO	PARALOID
2:1	294.50	201.46
3:1	233.31	152.74
A	527.81	354.20

BxC	25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
2:1	69.63	69.70	72.43	82.74	48.66	50.24	50.35	52.22
3:1	56.23	57.32	59.66	60.10	37.19	37.28	37.38	40.89
B	125.86	127.02	132.09	142.84	85.85	87.52	87.73	93.11

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxcxn} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn}$$

$$SS_A = \frac{(527.81^2 + 354.20^2)}{8 \times 2 \times 4} - \frac{882.01^2}{2 \times 8 \times 2 \times 4} = 235.47$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axcxcn} - \frac{Y_T^2}{axbxcxcn}$$

$$SS_B = \frac{(125.86^2 + 127.02^2 + 132.09^2 + 142.84^2 + 85.85^2 + 87.52^2 + 87.73^2 + 93.11^2)}{2 \times 2 \times 4} - \frac{882.01^2}{2 \times 8 \times 2 \times 4}$$

$$SS_B = 248.70$$

Suma de cuadrados para el factor C

$$SS_c = \sum_{k=1}^c \frac{Y_k^2}{axbxn} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn}$$

$$SS_c = \frac{(495.97^2 + 386.04^2)}{2x8x4} - \frac{882.01^2}{2x8x2x4} = 94.41$$

Interacción de factores (A x B)

$$SS_{AB} = \sum_{i,j}^{a,b} \frac{Y_{i,j}^2}{cxn} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AB} = \frac{(125.86^2 + \dots + 93.11^2)}{2x4} - \frac{882.01^2}{2x8x2x4} - 235.47 - 248.70 = 6090.56$$

Interacción de factores (A x C)

$$SS_{AC} = \sum_{i,k}^{a,c} \frac{Y_{i,k}^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn} - SS_A - SS_c$$

$$SS_{AC} = \frac{(294.50^2 + \dots + 152.74^2)}{8x4} - \frac{882.01^2}{2x8x2x4} - 235.47 - 94.41 = 1.20$$

Interacción de factores (B x C)

$$SS_{BC} = \sum_{j,k}^{b,c} \frac{Y_{j,k}^2}{ax} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn} - SS_b - SS_c$$

$$SS_{BC} = \frac{(69.63^2 + \dots + 40.89^2)}{2x4} - \frac{882.01^2}{2x8x2x4} - 248.70 - 94.41 = 5.79$$

Interacción de factores (A x B x C)

$$SS_{ABC} = \sum_{i,j,k}^{a,b,c} \frac{Y_{i,j,k}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxcxn} - SS_a - SS_b - SS_c - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC}$$

$$SS_{ABC} = \frac{(69.63^2 + \dots + 40.89^2)}{4} - \frac{882.01^2}{2x8x2x4} - 235.47 - 248.70 - 94.41 - 6090.56 - 1.20 - 5.79$$

$$SS_{ABC} = 99.18$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i,j,k}^{a,b,c} Y_{i,j,k}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxcxn}$$

$$SS_T = (17.17^2 + \dots + 10.05^2) - \frac{882.01^2}{2 \times 8 \times 2 \times 4} = 6779.72$$

Cálculo para el error

$$SS_{ERROR} = SS_T - SS_a - SS_b - SS_c - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC}$$

$$SS_{ERROR} = 4.37$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{235.47}{1} = 235.47$$

Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{248.70}{7} = 35.53$$

Media de los cuadrados del factor C

$$MS_C = \frac{SS_C}{c - 1}$$

$$MS_C = \frac{94.41}{1} = 94.41$$

Media de la interacción de factores A x B

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{6090.56}{(1 \times 7)} = 870.08$$

Media de la interacción de factores A x C

$$MS_{AxC} = \frac{SS_{AxC}}{(a-1)x(c-1)}$$

$$MS_{AxC} = \frac{1.20}{(1x1)} = 1.20$$

Media de la interacción de factores B x C

$$MS_{BxC} = \frac{SS_{BxC}}{(b-1)x(c-1)}$$

$$MS_{BxC} = \frac{5.79}{(7x1)} = 0.83$$

Media de la interacción de factores A x B x C

$$MS_{AxBxC} = \frac{SS_{AxBxC}}{(a-1)(b-1)x(c-1)}$$

$$MS_{AxBxC} = \frac{99.18}{(1x7x1)} = 14.17$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(abc)x(n-1)}$$

$$MS_E = \frac{4.37}{(2x8x2)x3} = 0.046$$

F0 experimental

Cálculo del F₀ (A)

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{235.47}{0.046} = \mathbf{5118.91}$$

Cálculo del F₀ (B)

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{35.53}{0.046} = \mathbf{772.39}$$

Cálculo del F_0 (C)

$$F_0(C) = \frac{MS_C}{MS_E}$$
$$F_0(C) = \frac{94.41}{0.046} = \mathbf{2052.39}$$

Cálculo del F_0 (AxB)

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{Axb}}{MS_E}$$
$$F_0(AxB) = \frac{870.08}{0.046} = \mathbf{18914.78}$$

Cálculo del F_0 (BxC)

$$F_0(BxC) = \frac{MS_{BxC}}{MS_E}$$
$$F_0(BxC) = \frac{0.83}{0.046} = \mathbf{18.04}$$

Cálculo del F_0 (AxC)

$$F_0(AxC) = \frac{MS_{AxC}}{MS_E}$$
$$F_0(AxC) = \frac{1.20}{0.046} = \mathbf{26.09}$$

Cálculo del F_0 (AxBxC)

$$F_0(AxBxC) = \frac{MS_{AxBxC}}{MS_E}$$
$$F_0(AxBxC) = \frac{14.17}{0.046} = \mathbf{308.04}$$

Tabla 59: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de compresión

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teorico
A	1	235.56	235.56	5177.33	3.95
B	7	248.66	35.52	780.76	2.12
C	1	5.79	94.40	2074.71	3.95
AxB	7	6090.56	870.08	19123.39	2.12
AxC	1	1.20	1.20	26.47	3.95
BxC	7	5.79	0.83	18.17	2.12
AxBxC	7	99.18	14.17	311.42	2.12
Error	96	4.37	0.05		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO

Se acepta: H1: Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, Trujillo 2019

Y se rechaza H0: No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la compresión, Trujillo 2019

Cálculo de la F experimental para los valores de durabilidad

Tabla 60: Estimación de Y_i , Y_j , Y_k para los datos de durabilidad

		A: Tipo de consolidante							
		Silicato				Paraloid			
		B: Porcentaje de consolidante							
C: Proporción de mezcla	2:1	25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
		2.57	0.70	0.02	0.02	40.17	2.06	0.08	0.04
		2.20	0.25	0.01	0.01	39.76	1.93	0.11	0.09
		2.89	0.13	0.01	0.01	39.31	1.39	0.08	0.06
	2.76	0.13	0.02	0.01	39.42	2.23	0.11	0.09	
	3:1	17.69	9.31	0.03	0.02	48.23	3.20	0.52	0.07
		16.88	8.01	0.02	0.00	45.26	3.14	0.19	0.07
		16.97	7.74	0.02	0.00	49.19	6.02	0.57	0.06
		18.42	6.92	0.02	0.02	47.62	4.27	0.88	0.09

Fuente: Elaboración propia, 2019

A x B x C		A: Tipo de consolidante								C
		Silicato				Paraloid				
		B: Porcentaje de consolidante								
		25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%	
C : Proporción de mezcla	2:1	10.42	1.21	0.06	0.04	158.65	7.61	0.37	0.28	178.64
	3:1	69.96	31.98	0.08	0.05	190.31	16.63	2.16	0.29	311.46
										490.11

AxB	SILICATO	PARALOID
25%	80.39	
30%	33.19	
35%	0.14	
40%	0.09	
2%		348.96
4%		24.24
6%		2.53
8%		0.56

AxC	SILICATO	PARALOID
2:1	11.73	166.91
3:1	102.07	209.39
A	113.80	376.30

BxC	25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
2:1	10.42	1.21	0.06	0.04	158.65	7.61	0.37	0.28
3:1	69.96	31.98	0.08	0.05	190.31	16.63	2.16	0.29
B	80.39	33.19	0.14	0.09	348.96	24.24	2.53	0.56

Tabla 61: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teorico
A	1	538.31	538.31	2596.21	3.95
B	7	6244.32	892.05	4302.21	2.12
C	1	210.83	137.81	664.65	3.95
AxB	7	7582.59	1083.23	5224.25	2.12
AxC	1	17.89	17.89	86.30	3.95
BxC	7	210.83	30.12	145.26	2.12
AxBxC	7	330.75	47.25	227.88	2.12
Error	96	19.91	0.21		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO

Se acepta: H1: Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la durabilidad Trujillo 2019

Y se rechaza H0: No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la durabilidad, Trujillo 2019

Cálculo de la F experimental para los valores de Colorimetría

Tabla 62: Estimación de Y_i , Y_j , Y_k para los datos de Colorimetría

		A: Tipo de consolidante							
		Silicato				Paraloid			
		B: Porcentaje de consolidante							
		25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
C : Proporción de mezcla	2:1	14.98	15.77	14.98	14.85	15.74	14.92	11.93	12.54
		16.21	16.22	14.83	15.75	16.49	15.27	12.43	13.31
		14.52	15.17	15.21	13.96	15.24	14.06	11.83	11.84
	3:1	14.81	16.02	15.75	15.94	15.46	14.97	12.28	12.49
		17.09	17.12	17.28	19.51	15.65	11.83	14.84	13.37
		17.54	16.98	17.06	19.19	16.42	12.75	15.41	14.04
		16.62	17.86	17.59	19.64	15.32	11.53	14.03	13.19
		17.66	17.34	17.97	20.32	16.07	12.04	14.99	13.65

A x B x C		A: Tipo de consolidante								C
		Silicato				Paraloid				
		B: Porcentaje de consolidante								
		25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%	
C : Proporción de mezcla	2:1	60.52	63.18	60.77	60.50	62.93	59.22	48.47	50.18	465.77
	3:1	63.18	69.30	69.90	78.66	63.46	48.15	59.27	54.25	506.17
										971.94

AxB	SILICATO	PARALOID
25%	123.70	
30%	132.48	
35%	130.67	
40%	139.16	
2%		126.39
4%		107.37
6%		107.74
8%		104.43

AxC	SILICATO	PARALOID
2:1	244.97	220.80
3:1	281.04	225.13
A	526.01	445.93

BxC	25%	30%	35%	40%	2%	4%	6%	8%
2:1	60.52	63.18	60.77	60.50	62.93	59.22	48.47	50.18
3:1	63.18	69.30	69.90	78.66	63.46	48.15	59.27	54.25
B	123.70	132.48	130.67	139.16	126.39	107.37	107.74	104.43

Tabla 63: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de Colorimetría

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	1	50.10	50.10	23.73	3.95
B	7	76.60	10.94	5.18	2.12
C	1	36.86	12.75	6.04	3.95
AxB	7	7406.72	1058.10	501.14	2.12
AxC	1	7.87	7.87	3.73	3.95
BxC	7	36.86	5.27	2.49	2.12
AxBxC	7	31.74	4.53	2.15	2.12
Error	96	202.69	2.11		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO

Se acepta: H1: Existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la colorimetría Trujillo 2019

Y se rechaza H0: No existe relación significativa entre el tipo, porcentaje de consolidante, y proporción de suelo, en los morteros de conservación mejorando la colorimetría, Trujillo 2019

Apéndice N°02: Caracterización de materia prima

Tabla 64: *Contenido de humedad*

Contenido de Humedad	Tierra			Arena gruesa		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso del recipiente (g)	28.00	28.41	27.36	28.94	28.09	28.36
Peso del recipiente + Muestra húmeda (g)	58.13	59.87	59.09	60.60	59.08	58.02
Peso del recipiente + Muestra seca (g)	57.49	59.20	58.44	60.34	58.81	57.75
Peso muestra húmeda (Ph)	30.13	31.46	31.73	31.66	30.99	29.66
Peso muestra seca (Ps)	29.49	30.79	31.08	31.40	30.72	29.39
W%	2.17	2.18	2.09	0.83	0.88	0.92
W% Promedio		2.15			0.88	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 65: *Materia orgánica*

Descripción	M1	M2	M3
Peso del crisol (g)	35.10	31.47	30.03
Peso del crisol+ Muestra seca (g)	42.80	39.89	38.94
Peso del crisol + Muestra a 450°C (g)	42.72	39.80	38.81
%Materia orgánica	1.05	1.08	1.48
Promedio materia orgánica		1.20	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 66: *Gravedad específica y absorción de la arena gruesa*

Descripción	PE1	PE2	PE3
Peso de fiola (g)	164.13	168.81	166.46
Peso de fiola + agua hasta menisco (g) (B)	661.04	666.03	663.61
Peso de fiola + muestra sss (g)	652.04	654.48	649.5
Peso de fiola + muestra sss + agua hasta menisco (g) (C)	969.83	973.01	969.14
Peso de agua (g)	317.79	318.53	319.64
Peso de recipiente (g)	88.98	57.6	122.03
Peso de recipiente + muestra seca (g)	564.7	531.9	594.13
Peso muestra seca (g) (A)	475.72	474.3	472.1
Peso muestra sss (g) (D)	487.91	485.67	483.04
Peso específico seco (g/cm^3)	2.66	2.65	2.66
Peso específico saturada superficialmente seca (g/cm^3)	2.72	2.72	2.72
Peso específico aparente (g/cm^3)	2.85	2.83	2.83
% Absorción	2.56	2.40	2.32

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 67: Granulometría arena gruesa

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasante			Retenido	Pasante			Retenido	Pasante
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº4	4.75	8.68	2	2	98	10.24	2	2	98	11.54	2	2	98
Nº8	2.36	29.33	6	8	92	28.37	6	8	92	28.48	6	8	92
Nº16	1.18	72.20	14	22	78	70.15	14	22	78	69.35	14	22	78
Nº30	0.6	135.14	27	49	51	139.42	28	50	50	137.05	27	49	51
Nº50	0.3	149.49	30	79	21	147.96	30	79	21	147.21	29	79	21
Nº100	0.15	66.62	13	92	8	67.58	14	93	7	68.66	14	92	8
Nº200	0.075	34.73	7	99	1	31.42	6	99	1	31.22	6	99	1
FONDO		3.81	1	100	0	4.86	1	100	0	6.49	1	100	0
PESO TOTAL		500	100			500	100			500	100		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 68: Granulometría de la tierra

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasante			Retenido	Pasante			Retenido	Pasante
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº4	4.75	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº8	2.36	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº16	1.18	0.04	0	0	100	0.05	0	0	100	0.11	0	0	100
Nº30	0.6	1.07	0	0	100	1.34	0	0	100	1.39	0	0	100
Nº50	0.3	2.98	1	1	99	3.07	1	1	99	7.55	2	2	98
Nº100	0.15	67.23	13	14	86	57.74	12	12	88	55.23	11	13	87
Nº200	0.075	57.16	11	26	74	58.49	12	24	76	54.34	11	24	76
FONDO		371.52	74	100	0	379.31	76	100	0	381.38	76	100	0
PESO TOTAL		500	100			500	100			500	100		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 69: Granulometría del suelo proporción 2:1

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasante			Retenido	Pasante			Retenido	Pasante
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº4	4.75	7.11	1	1	99	4.29	1	1	99	4.7	1	1	99
Nº8	2.36	26.03	5	7	93	26.58	5	6	94	26.1	5	6	94
Nº16	1.18	20.18	4	11	89	20.17	4	10	90	21.85	4	11	89
Nº30	0.6	13.52	3	13	87	13.26	3	13	87	14.17	3	13	87
Nº50	0.3	60.62	12	25	75	60.55	12	25	75	61.43	12	26	74
Nº100	0.15	191.95	38	64	36	187.68	38	63	37	189.46	38	64	36
Nº200	0.075	47.85	10	73	27	50.73	10	73	27	43.93	9	72	28
FONDO		132.74	27	100	0	136.74	27	100	0	138.36	28	100	0
PESO TOTAL		500	100			500	100			500	100		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 70: Granulometría del suelo proporción 3:1

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)		Peso retenido (g.)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasante			Retenido	Pasante			Retenido	Pasante
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº4	4.75	7.15	1	1	99	7.74	2	2	98	6.53	1	1	99
Nº8	2.36	52.2	10	12	88	54.49	11	12	88	55.75	11	12	88
Nº16	1.18	31.21	6	18	82	35.65	7	20	80	36.46	7	20	80
Nº30	0.6	50.96	10	28	72	57.95	12	31	69	57.08	11	31	69
Nº50	0.3	60.92	12	40	60	59.22	12	43	57	57.56	12	43	57
Nº100	0.15	153.48	31	71	29	156.31	31	74	26	151.61	30	73	27
Nº200	0.075	61.86	12	84	16	49.1	10	84	16	51.44	10	83	17
FONDO		82.22	16	100	0	79.54	16	100	0	83.57	17	100	0
PESO TOTAL		500	100			500	100			500	100		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 71: Gravedad específica de la tierra

Descripción	Und.	F1	F2	F3
Peso Fiola (W1)	gr	185.65	171.34	159.49
Peso fiola + muestra seca (W1+Ws)	gr	313.65	299.34	287.49
Peso fiola + muestra + agua (W3)	gr	765.3	750.78	739.13
Peso fiola + agua (W2)	gr	683.96	669.38	657.75
Temperatura (T)	°C	23.2	23.1	23.1
Peso de la muestra seca (Ws)	gr	128.00	128.00	128
Corrección por temperatura (K)		0.9993	0.9993	0.9993
Gravedad específica (Gs)		2.74	2.74	2.74
Promedio			2.74	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 72: Gravedad específica del suelo proporción 3:1

Descripción	Und.	F1	F2	F3
Peso Fiola (W1)	gr	166.74	168.51	171.94
Peso fiola + muestra seca (W1+Ws)	gr	294.74	296.51	299.94
Peso fiola + muestra + agua (W3)	gr	746.01	747.68	750.58
Peso fiola + agua (W2)	gr	665.03	666.81	670.51
Temperatura (T)	°C	23.7	23.6	23.6
Peso de la muestra seca (Ws)	gr	128.00	128.00	128.00
Corrección por temperatura (K)		0.9992	0.9992	0.9992
Gravedad específica (Gs)		2.72	2.71	2.67
Promedio			2.70	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 73: Gravedad específica del suelo proporción 2:1

Descripción	Und.	F1	F2	F3
Peso Fiola (W1)	gr	168.9	169.52	163.42
Peso fiola + muestra seca (W1+Ws)	gr	293.90	294.52	288.42
Peso fiola + muestra + agua (W3)	gr	746.15	746.16	740.81
Peso fiola + agua (W2)	gr	667.11	667.56	661.79
Temperatura (T)	°C	23.2	23.2	23.2
Peso de la muestra seca (Ws)	gr	125.00	125.00	125
Corrección por temperatura (K)		0.9993	0.9993	0.9993
Gravedad específica (Gs)		2.72	2.69	2.72
Promedio			2.71	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 74: Límite líquido de la tierra

Descripción	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso suelo húmedo + lata	33.19	32.19	33.35	30.02	32.84	33.07	41.06	45.77	42.85
Peso suelo seco + lata	32.08	31.44	32.52	29.23	31.91	32.33	39.95	44.86	42.21
Peso lata	28.08	28.7	28.87	26.46	28.34	29.38	36.05	41.6	39.66
Peso suelo seco	4.00	2.74	3.65	2.77	3.57	2.95	3.90	3.26	2.55
Peso de agua	1.11	0.75	0.83	0.79	0.93	0.74	1.11	0.91	0.64
Contenido de Humedad (W%)	27.75	27.37	22.74	28.52	26.05	25.08	28.46	27.91	25.10
N° de golpes	8	20	35	9	22	32	9	19	31
Límite líquido %	25.15			25.85			26.30		
Promedio LL %	26								

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 75: Límite líquido del suelo proporción 2:1

Descripción	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso suelo húmedo + lata	63.01	71.99	43.21	39.82	44.64	37.87	48.81	50.51	43.69
Peso suelo seco + lata	62.08	71.44	42.52	39.23	43.91	37.33	47.95	49.86	43.21
Peso lata	58.08	68.7	38.87	36.46	40.34	34.38	44.05	46.6	40.66
Peso suelo seco	4.00	2.74	3.65	2.77	3.57	2.95	3.90	3.26	2.55
Peso de agua	0.93	0.55	0.69	0.59	0.73	0.54	0.86	0.65	0.48
Contenido de Humedad (W%)	23.25	20.07	18.90	21.30	20.45	18.31	22.05	19.94	18.82
N° de golpes	8	20	35	9	22	32	9	19	31
Límite líquido	20.05			19.51			19.5		
Promedio LL %	20								

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 76: Límite líquido del suelo proporción 3:1

Descripción	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso suelo húmedo + lata	59.81	68.83	46.01	32.82	45.54	27.80	51.91	50.71	43.69
Peso suelo seco + lata	59.08	68.44	45.52	32.23	44.91	27.33	50.95	49.86	43.21
Peso lata	55.08	65.7	41.87	29.46	41.34	24.38	47.05	46.1	40.66
Peso suelo seco	4.00	2.74	3.65	2.77	3.57	2.95	3.90	3.76	2.55
Peso de agua	0.73	0.39	0.49	0.59	0.63	0.47	0.96	0.85	0.48
Contenido de Humedad (W%)	18.25	14.23	13.42	21.30	17.65	15.93	24.62	22.61	18.82
N° de golpes	8	20	35	9	22	32	9	19	31
Límite líquido		14.20			17.50			20.05	
Promedio LL %					17				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 77: Límite plástico

Descripción	LP1	LP2	LP3	LP1	LP2	LP3	LP1	LP2	LP3
Peso suelo húmedo + lata	41.16	42.52	29.35	31.17	37.57	32.35	55.48	56.55	29.35
Peso suelo seco + lata	41.10	42.46	29.26	31.10	37.46	32.27	55.42	56.49	29.26
Peso lata	40.70	42.01	28.60	30.51	36.55	31.59	54.85	55.88	28.54
Peso suelo seco	0.40	0.45	0.66	0.59	0.91	0.68	0.57	0.61	0.72
Peso de agua	0.06	0.06	0.09	0.07	0.11	0.08	0.06	0.06	0.09
Contenido de Humedad (W%)	15.00	13.33	13.64	11.86	12.09	11.76	10.53	9.84	12.50
Promedio		14			12			11	
		Tierra			Proporción 2:1			Proporción 3:1	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 78: Proctor modificado de la tierra

N° de ensayo	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
% de Agua	0%	3%	6%	9%	12%	15%
Peso del molde (gr)	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Peso de muestra humeda + molde (gr)	3660	3810	3945	4000	3985	3940
Densidad humeda (gr/cm3)	1.75	1.91	2.05	2.11	2.09	2.04
Densidad seca (gr/cm3)	1.69	1.78	1.85	1.84	1.77	1.69
CH	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Peso de lata (gr)	44.32	43.70	26.80	30.00	48.20	18.43
Peso de tara + muestra humeda (gr)	72.19	63.60	63.11	51.15	74.62	34.14
Peso de tara+ muestra seca (gr)	71.27	62.31	59.62	48.43	70.51	31.45
Peso de agua(gr)	0.92	1.29	3.49	2.72	4.11	2.69
Peso de muestra humeda (gr)	27.87	19.90	36.31	21.15	26.42	15.71
Peso de muestra seca (gr)	26.95	18.61	32.82	18.43	22.31	13.02
% Humedad	3.41	6.93	10.63	14.76	18.42	20.66
% H. promedio	3.41	6.93	10.63	14.76	18.42	20.66

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 79: Proctor modificado del suelo proporción 2:1

N° de ensayo	1	2	3	4	5	6
% de Agua	0%	3%	6%	9%	12%	15%
Peso del molde (gr)	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Peso de muestra humeda + molde (gr)	3745	3880	3970	3980	3975	3940
Densidad humeda (gr/cm3)	1.84	1.98	2.08	2.09	2.08	2.04
Densidad seca (gr/cm3)	1.80	1.87	1.92	1.90	1.86	1.81
CH	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Peso de lata (gr)	44.32	43.70	26.80	30.20	48.25	18.71
Peso de tara + muestra humeda (gr)	71.90	63.39	62.21	50.23	73.15	33.14
Peso de tara+ muestra seca (gr)	71.27	62.31	59.62	48.43	70.51	31.45
Peso de agua(gr)	0.63	1.08	2.59	1.80	2.64	1.69
Peso de muestra humeda (gr)	27.58	19.69	35.41	20.03	24.90	14.43
Peso de muestra seca (gr)	26.95	18.61	32.82	18.23	22.26	12.74
% Humedad	2.34	5.80	7.89	9.87	11.86	13.27
% H. promedio	2.34	5.80	7.89	9.87	11.86	13.27

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 80: Proctor modificado del suelo proporción 3:1

N° de ensayo	1	2	3	4	5	6
% de Agua	0%	3%	6%	9%	12%	15%
Peso del molde (gr)	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Peso de muestra humeda + molde (gr)	3715	3860	3945	3965	3935	3900
Densidad humeda (gr/cm3)	1.81	1.96	2.05	2.07	2.04	2.00
Densidad seca (gr/cm3)	1.76	1.85	1.88	1.87	1.82	1.75
CH	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Peso de lata (gr)	44.32	43.70	26.92	30.31	48.22	18.43
Peso de tara + muestra humeda (gr)	71.95	63.42	62.51	50.42	73.25	33.34
Peso de tara+ muestra seca (gr)	71.27	62.31	59.62	48.43	70.51	31.45
Peso de agua(gr)	0.68	1.11	2.89	1.99	2.74	1.89
Peso de muestra humeda (gr)	27.63	19.72	35.59	20.11	25.03	14.91
Peso de muestra seca (gr)	26.95	18.61	32.70	18.12	22.29	13.02
% Humedad	2.52	5.96	8.84	10.98	12.29	14.52
% H. promedio	2.52	5.96	8.84	10.98	12.29	14.52

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 81: *Análisis hidrométrico de la tierra*

Tiempo (min)	Lectura del Hidrometro (R')	T(°C)	Ct	Rc	% Que pasa	R	L (cm)	K	D(mm)
1	1.0210	20.9	0.0002	0.0190	0.060	1.0216	10.5	0.01309	0.042
2	1.0205	20.9	0.0002	0.0185	0.058	1.0211	10.8	0.01309	0.030
5	1.0195	20.9	0.0002	0.0175	0.055	1.0201	11.0	0.01309	0.019
15	1.0185	21.1	0.0002	0.0165	0.052	1.0191	11.3	0.01309	0.011
30	1.0175	21.1	0.0002	0.0155	0.049	1.0181	11.5	0.01309	0.008
60	1.0165	21.1	0.0002	0.0145	0.046	1.0171	11.8	0.01309	0.006
120	1.0155	21.3	0.0002	0.0135	0.042	1.0161	12.1	0.01309	0.0042
250	1.0145	22.1	0.0004	0.0125	0.039	1.0151	12.3	0.01294	0.0029
1440	1.0135	22.3	0.0004	0.0115	0.036	1.0141	12.6	0.01294	0.0012

Fuente: Elaboración propia, 2019

Apéndice N°03: Ensayos físicos
Tabla 82: Durabilidad de los morteros con paraloid

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Peso Antes de sumergir (gr)	Después de sumergir (gr)	Variación de pérdida de peso (gr)	Promedio (gr)	Porcentaje de variación (%)	Promedio (%)
2:1	0%	P1	250.30	0.00	250.30	250.37	100.00	100.00
		P2	249.04	0.00	249.04		100.00	
		P3	253.19	0.00	253.19		100.00	
		P4	248.93	0.00	248.93		100.00	
	2%	P5	248.61	148.75	99.86	98.77	40.17	39.66
		P6	248.74	149.85	98.89		39.76	
		P7	250.26	151.89	98.37		39.31	
		P8	248.43	150.49	97.94		39.42	
	4%	P9	253.78	248.54	5.24	4.82	2.06	1.90
		P10	252.46	247.59	4.87		1.93	
		P11	254.45	250.91	3.54		1.39	
		P12	252.08	246.47	5.61		2.23	
	6%	P13	252.59	252.40	0.19	0.23	0.08	0.09
		P14	252.88	252.61	0.27		0.11	
		P15	250.89	250.69	0.20		0.08	
		P16	248.16	247.89	0.27		0.11	
	8%	P17	253.31	253.21	0.10	0.17	0.04	0.07
		P18	251.98	251.76	0.22		0.09	
		P19	248.69	248.54	0.15		0.06	
		P20	249.57	249.35	0.22		0.09	
3:1	0%	M1	257.28	0.00	257.28	257.96	100.00	100.00
		M2	259.80	0.00	259.80		100.00	
		M3	259.07	0.00	259.07		100.00	
		M4	255.69	0.00	255.69		100.00	
	2%	M5	256.35	132.72	123.63	123.25	48.23	47.58
		M6	262.15	143.49	118.66		45.26	
		M7	260.78	132.49	128.29		49.19	
		M8	257.01	134.61	122.40		47.62	
	4%	M9	253.59	245.48	8.11	10.63	3.20	4.16
		M10	257.88	249.79	8.09		3.14	
		M11	255.79	240.39	15.40		6.02	
		M12	255.51	244.59	10.92		4.27	
	6%	M13	257.02	255.69	1.33	1.39	0.52	0.54
		M14	256.75	256.25	0.50		0.19	
		M15	259.66	258.18	1.48		0.57	
		M16	256.09	253.84	2.25		0.88	
	8%	M17	258.46	258.28	0.18	0.19	0.07	0.07
		M18	255.59	255.42	0.17		0.07	
		M19	255.94	255.79	0.15		0.06	
		M20	254.79	254.55	0.24		0.09	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 83: Durabilidad de los morteros con silicato de etilo

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Peso Antes de sumergir (gr)	Después de sumergir (gr)	Variación de pérdida de peso (gr)	Promedio (gr)	Porcentaje de variación (%)	Promedio (%)	
2:1	0%	P1	250.30	0.00	250.30	250.37	100.00	100.00	
		P2	249.04	0.00	249.04		100.00		
		P3	253.19	0.00	253.19		100.00		
		P4	248.93	0.00	248.93		100.00		
	25%	P21	250.42	245.99	4.43	6.02	1.77	2.41	
		P22	251.09	245.56	5.53		2.20		
		P23	249.81	242.58	7.23		2.89		
		P24	249.95	243.05	6.90		2.76		
	30%	P25	252.78	251.02	1.76	0.76	0.70	0.30	
		P26	247.63	247.00	0.63		0.25		
		P27	246.99	246.67	0.32		0.13		
		P28	248.42	248.10	0.32		0.13		
	35%	P29	246.88	246.83	0.05	0.03	0.02	0.01	
		P30	249.64	249.61	0.03		0.01		
		P31	252.01	251.99	0.02		0.01		
		P32	249.97	249.93	0.04		0.02		
	40%	P33	253.19	253.15	0.04	0.03	0.02	0.01	
		P34	248.76	248.73	0.03		0.01		
		P35	247.46	247.44	0.02		0.01		
		P36	251.02	251.00	0.02		0.01		
	3:1	0%	M1	257.28	0.00	257.28	257.96	100.00	100.00
			M2	259.80	0.00	259.80		100.00	
			M3	259.07	0.00	259.07		100.00	
			M4	255.69	0.00	255.69		100.00	
		25%	M21	255.49	242.89	12.60	12.21	4.93	4.74
			M22	257.39	246.52	10.87		4.22	
			M23	258.91	245.98	12.93		4.99	
			M24	257.52	245.08	12.44		4.83	
		30%	M25	258.97	248.86	10.11	7.27	3.90	2.80
			M26	259.68	253.87	5.81		2.24	
			M27	260.75	253.58	7.17		2.75	
			M28	259.88	253.89	5.99		2.30	
		35%	M29	259.69	259.62	0.07	0.05	0.03	0.02
			M30	258.84	258.80	0.04		0.02	
			M31	257.59	257.55	0.04		0.02	
			M32	258.67	258.61	0.06		0.02	
40%		M33	258.51	258.45	0.06	0.03	0.02	0.01	
		M34	259.56	259.55	0.01		0.00		
		M35	260.12	260.11	0.01		0.00		
		M36	258.69	258.65	0.04		0.02		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 84: Colorimetría de los morteros con paraloid

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Z	Y	X	Promedio					
						Z	Y	X	L	a	b
2:1	0%	P1	14.74	21.60	21.37	14.45	21.60	21.39	57.42	5.61	17.73
		P2	14.24	21.40	21.17						
		P3	14.44	21.90	21.67						
		P4	14.38	21.49	21.35						
	2%	P5	15.74	22.83	22.51	15.73	22.82	22.50	58.78	5.32	17.67
		P6	16.49	23.58	23.26						
		P7	15.24	22.33	22.01						
		P8	15.46	22.55	22.23						
	4%	P9	14.92	21.59	21.19	14.81	21.60	21.33	57.42	5.23	16.91
		P10	15.27	22.04	21.78						
		P11	14.06	20.99	20.82						
		P12	14.97	21.79	21.51						
	6%	P13	11.93	17.94	17.74	12.12	18.13	17.93	53.26	4.56	14.9
		P14	12.43	18.44	18.24						
		P15	11.83	17.84	17.64						
		P16	12.28	18.29	18.09						
	8%	P17	12.54	18.07	17.77	12.55	18.08	17.78	53.2	3.92	13.8
		P18	13.31	18.84	18.54						
		P19	11.84	17.37	17.07						
		P20	12.49	18.02	17.72						
3:1	0%	M1	15.55	23.10	22.78	15.55	23.10	22.78	59.08	5.41	18.74
		M2	16.3	23.85	23.53						
		M3	14.75	22.30	21.98						
		M4	15.6	23.15	22.83						
	2%	M5	15.65	23.16	22.87	15.87	23.33	22.99	59.33	5.35	18.55
		M6	16.42	23.93	23.53						
		M7	15.32	22.83	22.54						
		M8	16.07	23.38	23.01						
	4%	M9	11.83	19.02	18.85	12.04	19.08	18.91	54.45	5.05	17.31
		M10	12.75	19.94	19.77						
		M11	11.53	18.14	17.97						
		M12	12.04	19.23	19.06						
	6%	M13	14.84	21.43	21.12	14.82	21.46	21.15	57.26	4.94	16.56
		M14	15.41	22.20	21.89						
		M15	14.03	20.48	20.17						
		M16	14.99	21.72	21.41						
	8%	M17	13.37	19.56	19.33	13.56	19.69	19.39	55.19	4.44	15.28
		M18	14.04	20.23	19.9						
		M19	13.19	19.17	18.86						
		M20	13.65	19.79	19.46						

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 85: Colorimetría de los morteros con silicato de etilo

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Z	Y	X	Promedio						
						Z	Y	X	L	a	b	
2:1	0%	P1	14.74	21.60	21.37	14.45	21.60	21.39	57.42	5.61	17.73	
		P2	14.24	21.40	21.17							
		P3	14.44	21.9	21.67							
		P4	14.38	21.49	21.35							
	25%	P21	14.98	22.26	21.99	15.13	22.54	22.31	58.47	5.78	18.38	
		P22	16.21	23.55	23.40							
		P23	14.52	22.1	21.86							
		P24	14.81	22.25	21.97							
	30%	P25	15.77	23.04	22.69	15.80	23.23	22.97	59.22	5.82	18.47	
		P26	16.22	23.69	23.44							
		P27	15.17	22.59	22.40							
		P28	16.02	23.59	23.34							
	35%	P29	14.98	22.27	22.00	15.19	22.78	22.58	58.74	6.05	18.81	
		P30	14.83	22.65	22.47							
		P31	15.21	22.77	22.63							
		P32	15.75	23.42	23.2							
	40%	P33	14.85	22.34	22.07	15.13	23.05	22.87	59.03	6.26	19.58	
		P34	15.75	23.66	23.45							
		P35	13.96	22.27	22.15							
		P36	15.94	23.92	23.81							
	3:1	0%	M1	15.55	23.85	22.83	15.55	23.10	22.78	59.08	5.41	18.74
			M2	16.3	23.10	23.53						
			M3	14.75	22.3	21.98						
			M4	15.6	23.15	22.78						
		25%	M21	17.09	24.95	24.64	17.23	25.09	24.73	61.18	5.79	19.58
			M22	17.54	25.40	25.06						
			M23	16.62	24.48	24.07						
			M24	17.66	25.52	25.16						
		30%	M25	17.12	24.98	24.66	17.33	25.19	24.86	61.28	6.01	19.58
			M26	16.98	24.84	24.52						
			M27	17.86	25.72	25.35						
			M28	17.34	25.2	24.91						
		35%	M29	17.28	25.23	24.86	17.48	25.43	25.14	61.53	6.34	19.8
			M30	17.06	25.01	24.77						
			M31	17.59	25.54	25.29						
			M32	17.97	25.92	25.64						
40%		M33	19.51	27.61	27.06	19.67	27.61	27.26	63.68	6.66	19.92	
		M34	19.19	27.17	26.86							
		M35	19.64	27.59	27.32							
		M36	20.32	28.08	27.78							

Fuente: Elaboración propia, 2019

Apéndice N°04: Ensayo Mecánico
Tabla 86: Compresión de los morteros con paraloid

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Compresión (N/mm ²)	Compresión (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
3:1	0%	M1	2.120	2500	0.848	8.65	8.80
		M2	2.159	2500	0.864	8.81	
		M3	2.180	2500	0.872	8.89	
		M4	2.172	2500	0.869	8.86	
	2%	M5	2.271	2500	0.908	9.26	9.30
		M6	2.259	2500	0.904	9.21	
		M7	2.301	2500	0.920	9.39	
		M8	2.288	2500	0.915	9.33	
	4%	M9	2.284	2500	0.914	9.32	9.32
		M10	2.25	2500	0.900	9.18	
		M11	2.215	2500	0.886	9.03	
		M12	2.391	2500	0.956	9.75	
	6%	M13	2.230	2500	0.892	9.10	9.35
		M14	2.311	2500	0.924	9.43	
		M15	2.284	2500	0.914	9.32	
		M16	2.34	2500	0.936	9.54	
	8%	M17	2.557	2500	1.023	10.43	10.22
		M18	2.482	2500	0.993	10.12	
		M19	2.520	2500	1.008	10.28	
		M20	2.465	2500	0.986	10.05	
2:1	0%	P1	2.778	2500	1.111	11.33	11.04
		P2	2.657	2500	1.063	10.84	
		P3	2.705	2500	1.082	11.03	
		P4	2.684	2500	1.074	10.95	
	2%	P5	3.039	2500	1.216	12.40	12.16
		P6	2.909	2500	1.164	11.87	
		P7	2.878	2500	1.151	11.74	
		P8	3.103	2500	1.241	12.66	
	4%	P9	3.014	2500	1.206	12.29	12.56
		P10	3.101	2500	1.240	12.65	
		P11	3.099	2500	1.240	12.64	
		P12	3.103	2500	1.241	12.66	
	6%	P13	3.087	2500	1.235	12.59	12.59
		P14	3.092	2500	1.237	12.61	
		P15	3.109	2500	1.244	12.68	
		P16	3.055	2500	1.222	12.46	
	8%	P17	3.210	2500	1.284	13.09	13.06
		P18	3.173	2500	1.269	12.94	
		P19	3.231	2500	1.292	13.18	
		P20	3.190	2500	1.276	13.01	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 87: *Compresión de los morteros con silicato de etilo*

Proporción (Arena gruesa: Tierra)	Porcentaje	Muestra	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Compresión (N/mm ²)	Compresión (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	
3:1	0%	M1	2.12	2500	0.848	8.65	8.80	
		M2	2.159	2500	0.864	8.81		
		M3	2.18	2500	0.872	8.89		
		M4	2.172	2500	0.869	8.86		
	25%	M21	3.403	2500	1.361	13.88	14.06	
		M22	3.398	2500	1.359	13.86		
		M23	3.501	2500	1.400	14.28		
		M24	3.483	2500	1.393	14.21		
	30%	M25	3.471	2500	1.388	14.16	14.33	
		M26	3.502	2500	1.401	14.28		
		M27	3.538	2500	1.415	14.43		
		M28	3.542	2500	1.417	14.45		
	35%	M29	3.403	2500	1.361	13.88	14.91	
		M30	3.837	2500	1.535	15.65		
		M31	3.703	2500	1.481	15.10		
		M32	3.683	2500	1.473	15.02		
	40%	M33	3.621	2500	1.448	14.77	15.02	
		M34	3.66	2500	1.464	14.93		
		M35	3.818	2500	1.527	15.57		
		M36	3.635	2500	1.454	14.83		
	2:1	0%	P1	2.778	2500	1.111	11.33	11.04
			P2	2.657	2500	1.063	10.84	
			P3	2.705	2500	1.082	11.03	
			P4	2.684	2500	1.074	10.95	
		25%	P21	4.209	2500	1.684	17.17	17.41
			P22	4.241	2500	1.696	17.30	
			P23	4.276	2500	1.710	17.44	
			P24	4.346	2500	1.738	17.73	
		30%	P25	4.209	2500	1.684	17.17	17.43
			P26	4.302	2500	1.721	17.55	
			P27	4.273	2500	1.709	17.43	
			P28	4.305	2500	1.722	17.56	
		35%	P29	4.406	2500	1.762	17.97	18.11
			P30	4.424	2500	1.770	18.04	
			P31	4.398	2500	1.759	17.94	
			P32	4.529	2500	1.812	18.47	
40%		P33	5.094	2500	2.038	20.78	20.68	
		P34	4.984	2500	1.994	20.33		
		P35	5.105	2500	2.042	20.82		
		P36	5.101	2500	2.040	20.81		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Apéndice N°05: Evaluación económica
Tabla 88: Evaluación económica de consolidación con paraloïd al 2%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 2% PARALOID		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2			PRECIO TOTAL:	S/. 39.86
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 39.28
PARALOID 1KG	Und		0.0300	271.19	8.14
THINNER	Gal		0.3883	80.20	31.15
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 89: Evaluación económica de consolidación con paraloïd al 4%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 4% PARALOID		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2			PRECIO TOTAL:	S/. 47.36
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 46.78
PARALOID 1KG	Und		0.0600	271.19	16.27
THINNER	Gal		0.3804	80.20	30.51
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 90: Evaluación económica de consolidación con paraloïd al 6%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 6% PARALOID		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2			PRECIO TOTAL:	S/. 54.86
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 54.28
PARALOID 1KG	Und		0.0900	271.19	24.41
THINNER	Gal		0.3725	80.20	29.87
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 91: Evaluación económica de consolidación con paraloïd al 8%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 8% PARALOID		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2				PRECIO TOTAL: S/. 62.36
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 61.78
PARALOID 1KG	Und		0.1200	271.19	32.54
THINNER	Gal		0.3646	80.20	29.24
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 92: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 25%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 25% SILICATO		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2				PRECIO TOTAL: S/. 48.28
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 47.70
SILICATO DE ETILO 1L	Und		0.3753	101.69	38.17
ALCOHOL	Gal		0.2971	32.08	9.53
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 93: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 30%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 30% SILICATO		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2				PRECIO TOTAL: S/. 55.24
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 54.66
SILICATO DE ETILO 1L	Und		0.4500	101.69	45.76
ALCOHOL	Gal		0.2774	32.08	8.90
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 94: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 35%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 35% SILICATO		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2			PRECIO TOTAL:	S/. 62.23
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 61.65
SILICATO DE ETILO 1L	Und		0.5250	101.69	53.39
ALCOHOL	Gal		0.2575	32.08	8.26
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 95: Evaluación económica de consolidación con silicato de etilo al 40%

PARTIDA	CONSOLIDACIÓN QUIMICA - 40% SILICATO		RENDIMIENTO :		200 M2/DIA
UNIDAD	M2			PRECIO TOTAL:	S/. 69.22
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	14.07	0.56
MATERIALES					S/. 68.64
SILICATO DE ETILO 1L	Und		0.6000	101.69	61.02
ALCOHOL	Gal		0.2378	32.08	7.63
EQUIPOS					S/. 0.02
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.56	0.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

ANEXOS

Anexo N°01: Panel fotográfico



Figura 42: Analisis granulometrico del agregado



Figura 43: Lavado por la malla N°200



Figura 44: elaborando los ensayos de límites de Atterberg

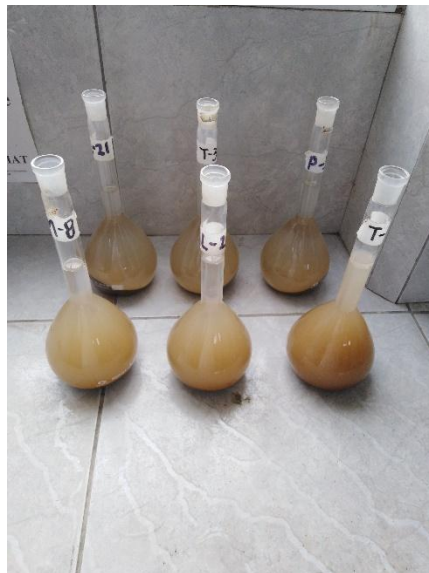


Figura 45: Gravedad especificas de la tierra y de las proporciones de suelos



Figura 46: Medición de Ph y conductividad



Figura 47: Proctor modificado



Figura 48: Consolidando los morteros bajo supervisión de un especialista en conservación



Figura 49: Almacenamiento de morteros bajo sombra



Figura 50: Muestra de tierra – ensayo de Hidrometria



Figura 51: Conformación de morteros



Figura 52: Pruebas pre liminares de durabilidad



Figura 53: Monitero del ensayo de durabilidad



Figura 54: Morteros consolidados 2 horas de ensayo



Figura 55: Ensayo de durabilidad



Figura 56: Ensayo de Colorimetria



Figura 57: Ensayo de Compresión

Anexo N°02: Sistema unificado de clasificación de suelos – SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.		
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW, GP, SW, SP. >12% - >GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.		
					SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
					SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
					ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan
		SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.						
MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.						
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
	OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
	PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					
Suelos muy orgánicos						

Anexo N°03: Corrección por T° (hidrometría)

Tabla 96: Valores de Ct para la corrección por temperatura (MTC E109)

Temp. C	Ct	
	Hidrómetro graduado en	
	Densidad (gr/cm ³) x 10 ³	Concentración (gr/litro)*
10	-1,3	-2,0
11	-1,2	-1,9
12	-1,1	-1,8
13	-1,0	-1,6
14	-0,9	-1,4
15	-0,8	-1,2
16	-0,6	-1,0
17	-0,5	-0,8
18	-0,3	-0,5
19	-0,2	-0,3
20	0,0	0,0
21	0,2	0,3
22	0,4	0,6
23	0,6	0,9
24	0,8	1,3
25	1,0	1,7
26	1,3	2,0
27	1,5	2,4
28	1,8	2,9
29	2,0	3,3
30	2,3	3,7

Anexo N°04: Valor de K (hidrometría)

Tabla 97: Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas (MTC, 2016)

Tem °C	Peso específico de las partículas del suelo								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
10	0,01659	0,01631	0,01604	0,1583	0,1555	0,01532	0,01510	0,01488	0,01468
11	0,01636	0,01608	0,01582	0,01557	0,01533	0,01511	0,01489	0,01468	0,01448
12	0,01613	0,01586	0,01560	0,01535	0,01512	0,01490	0,01468	0,01448	0,01428
13	0,01591	0,01565	0,01539	0,01515	0,01492	0,01470	0,01449	0,01428	0,01409
14	0,01571	0,01544	0,01519	0,01495	0,01474	0,01451	0,01430	0,01410	0,01391
15	0,01551	0,01525	0,01500	0,01476	0,01454	0,01432	0,01412	0,01392	0,01373
16	0,01530	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01521	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,01396	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01437	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01219	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

Anexo N°05: Valor de K (Gravedad específica)
Tabla 98: Factor de corrección K para varias temperaturas (MTC E113)

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^a	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^a	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^a	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^a	Coefficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732
27,5	0,99638	0,99817	28,5	0,99609	0,99788	29,5	0,99580	0,99759	30,5	0,99550	0,99729
27,6	0,99635	0,99814	28,6	0,99607	0,99785	29,6	0,99577	0,99756	30,6	0,99547	0,99726
27,7	0,99632	0,99811	28,7	0,99604	0,99783	29,7	0,99574	0,99753	30,7	0,99544	0,99723
27,8	0,99629	0,99808	28,8	0,99601	0,99780	29,8	0,99571	0,99750	30,8	0,99541	0,99720
27,9	0,99627	0,99806	28,9	0,99598	0,99777	29,9	0,99568	0,99747	30,9	0,99538	0,99716

Anexo N°06: Valor críticos de la distribución F

Tabla 99: Valores críticos de la distribución $F_{0.05, V_1, V_2}$

v_2	$f_{0.05}(v_1, v_2)$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Anexo N°07: Monitoreo de los morteros luego de aplicar los consolidantes
Tabla 100: Monitoreo de morteros antes y después de consolidar

		Paraloid			
Días	Proporción	Porcentaje			
		2%	4%	6%	8%
Antes de aplicar		249.04	253.19	251.13	250.89
Luego de aplicar		250.81	255.23	253.61	253.46
1	2:1	249.6	253.78	251.71	251.67
2		249.03	253.21	251.15	250.96
3		249.01	253.19	251.13	250.89
4		249.00	253.19	251.13	250.89
Antes de aplicar		259.07	255.69	257.38	256.20
Luego de aplicar		261.01	257.63	259.83	258.80
1	3:1	259.65	256.30	258.01	257.00
2		258.99	255.56	257.31	256.30
3		258.99	255.56	257.31	256.20
4		258.99	255.56	257.31	256.20
		Silicato			
Días	Proporción	Porcentaje			
		25%	30%	35%	40%
Antes de aplicar		250.30	248.93	249.63	250.05
Luego de aplicar		253.28	251.81	252.62	253.05
1	2:1	252.83	251.36	252.14	252.66
2		252.36	251.00	251.78	252.19
3		252.01	250.67	251.35	251.76
4		251.48	250.18	250.86	251.14
5		251.07	249.83	250.42	250.79
6		250.32	248.98	249.64	250.14
7		250.32	248.96	249.63	250.11
Antes de aplicar		257.28	259.80	258.64	259.21
Luego de aplicar		260.25	262.79	261.55	262.31
1	3:1	259.77	262.40	261.11	261.89
2		259.39	261.98	260.71	261.41
3		259.01	261.58	260.38	260.95
4		258.45	261.12	259.83	260.32
5		258.08	260.70	259.46	259.95
6		257.38	259.92	258.74	259.22
7		257.33	259.82	258.70	259.22

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N°08: Certificado de ensayos en laboratorio UPN



CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

Se hace constatar por medio de la presente que el Sr. Martin Rivera Castillo con D.N.I N° 70415055, ha realizado el ensayo de compresión en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de rocas de esta universidad, requeridos para la tesis *"INFLUENCIA DEL TIPO, PORCENTAJE DE CONSOLIDANTE, Y PROPORCIÓN DE SUELO, EN MORTEROS DE CONSERVACIÓN, SOBRE COMPRESIÓN, DURABILIDAD Y COLORIMETRIA, TRUJILLO 2019"* las asistencias de trabajo se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 21 de Agosto del 2019



Carmen Seminario Arriaga
Asistente Lab. Minas
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Encargado de Laboratorio

Anexo N°09: Normativa utilizada para el desarrollo experimental

NORMA TÉCNICA	NTP 339.127
PERUANA	1998

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 143

Lima-Perú

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido
de humedad de un suelo**

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

1998-11-25

1ª Edición

R.0063-98/INDECOPI-CRT. Publicada el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.:93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.018
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
determinar materiales más finos que pasan por el tamiz
normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados**

AGGREGATES. Standard test method for determine materials finer than 75 μm (N° 200) sieve in
aggregates by washing

**2002-05-16
2ª Edición**

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, agregado grueso, agregado fino, gradación, pérdida por lavado, tamiz 75 μm
(N° 200), análisis granulométrico

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.129
1 de 27 ✓

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo, como se definen en la Sección 3.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 339.089:1998	SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)
2.1.2	NTP 339.090:1998	SUELOS. Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo
2.1.3	NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.131
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima-41) Apartado 145

Lima-Perú

SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo

Soils. Standard Test Method for Specific Gravity of Solid particles of soils

1999-04-29
1ª Edición

R.0024-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-05-14

Precio basado en 06 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descripciones: peso específico relativo de sólidos, gravedad específica

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.134
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**SUELOS. Método para la clasificación de suelos con
propósitos de ingeniería (sistema unificado de
clasificación de suelos, SUCS)**

Soils. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification
System, SUCS)

1999-04-29

1ª Edición

R.0024-99/INDECOPI-CRT, Publicada el 99-05-14

Precio basado en 28 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: clasificación SUCS

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339-141
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del
suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
(2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))**

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000
ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

**1999-12-29
1ª Edición**

R. 0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 30 páginas

I.C.S. 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Suelos, metodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada

Anexo N°10: Informe de análisis por difracción de rayos x



INFORME DE ENSAYO

**ANÁLISIS MINERALÓGICO CON ÉNFASIS EN ARCILLAS POR
DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE UNA MUESTRA**

Para:

Martin Rivera Castillo

Aprobado por:

Gerente General: Erika Gabriel

Informe de Ensayo No: OTIV-086			
REV	EDICION	EMITIDO PARA	FECHA
0	Primera	Información	18-Nov-19
<p><small>Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.</small></p>			

I. INTRODUCCION

A solicitud del Sr. Martín Rivera Castillo, se ha realizado el análisis mineralógico con énfasis en arcillas por difracción de rayos X (ADRX) de una muestra.

La muestra se recibió en consistencia granulada y húmeda; en cantidades apropiadas para el análisis a realizar. El servicio corresponde a la orden de servicio de Investigación OTIV-086.

En el análisis mineralógico por DRX se realizó la determinación semicuantitativa de las fases cristalinas presentes en la muestra. El límite de detección de la técnica es aproximadamente 1%; sin embargo, para muestras con alto contenido de hierro éste se incrementa a 3%. La cuantificación de fases amorfas se evalúa a partir del 20% de contenido en la muestra. La identificación y cuantificación de fases de silicatos de cobre es limitada debido a que éstas carecen de ordenamiento estructural (baja cristalinidad). El método de preparación aplicado a las muestras fue de polvo aleatorio. En la etapa del análisis mineralógico de minerales arcillosos ADRX, se realiza las diferenciaciones entre estos tipos de minerales mediante la aplicación de procesos como la separación granulométrica y glicolación. Según el tipo de arcilla encontrada se ha reportado la identificación y su evaluación semicuantitativa sobre el total de la muestra con un límite de detección (L. D.) de 1% en promedio.

II. ANALISIS MINERALÓGICO CON ÉNFASIS EN ARCILLAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Muestra TA

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	60
Mica (Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	14
Plagioclasa (Oligoclasa)	(Ca,Na)(Al,Si) ₄ O ₈	6
Clorita (Clinocloro)	(Mg,Fe) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	4
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	3
Feldespato - K (Ortoclasa)	KAlSi ₃ O ₈	3
Calcita	CaCO ₃	3
Pirofilita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2
Montmorillonita	(Na,Ca) _{0,3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·n(H ₂ O)	2
Yeso	CaSO ₄ ·2(H ₂ O)	< L. D.
Anatasa	TiO ₂	< L. D.

() Mineral de la familia que se encuentra con mayor grado de certeza.

III. ANEXOS

OBSERVACIONES DE ANÁLISIS DRX:

- Los resultados aproximados han sido redondeados a su menor valor entero, por lo que la sumatoria de los resultados no siempre suma el 100%.
- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por el cliente, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento.
- %: Porcentaje masa relativa (g/g).
- L. D.: Límite de detección de la técnica 1%.

CONDICIONES DE OPERACIÓN DRX:

Equipo: Difractometro

Tubo Cu (40kV, 40mA): KAlfa1: 1.54060 Å

KAlfa2: 1.54439 Å

Filtro: Kbeta: Ni

Detector: LynxEye

Rango de medida desde $2\theta = 5^\circ$ hasta $2\theta = 70^\circ$

Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD).

Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).

Figura 1. Difractograma de la Muestra TA con los respectivos minerales identificados.

