



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DEL TIPO Y LA RELACIÓN AGUA/YESO SOBRE LA COMPRESIÓN, POROSIDAD, DENSIDAD, FRAGUADO Y EXPANSIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES, TRUJILLO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Elisa Zoraida Briones Gatica

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Elisa Zoraida Briones Gatica**, denominada:

“INFLUENCIA DEL TIPO Y LA RELACIÓN AGUA/YESO SOBRE LA COMPRESIÓN, POROSIDAD, DENSIDAD, FRAGUADO Y EXPANSIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES, TRUJILLO 2018”

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
CIP 123509
ASESOR

Ms. Ing. Roxana Aguilar Villena
CIP 124101
JURADO
PRESIDENTE

MBA. Ing. Ricardo Avalos Alayo
CIP 97900
JURADO

Ing. Alberto Vásquez Díaz
CIP 166228
JURADO

DEDICATORIA

*A **Dios**, por estar siempre conmigo y ser mi guía en mi sendero, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en el intento.*

*A mis padres **Herlinda Gatica** y **Víctor Briones**, y mis hermanos **Susan Briones**, **Alan Briones**, **Karina Luna** y **German Gatica**, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente en todo momento. Por sus enseñanzas, principios y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme las fuerzas para superar los obstáculos, haciendo posible culminar mi vida universitaria con éxito.

A mis padres Herlinda y Víctor, los seres más importantes de mi vida a quienes le debo todo, por todo el apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos y enseñarme a no rendirme jamás a pesar de todas las dificultades, por brindarme la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión que amo, por enseñarme a ser perseverante para alcanzar mis metas, los amo infinitamente.

A las personas que aun no siendo parte de mi familia me brindaron su confianza, aprecio, afecto y apoyo incondicional a lo largo de mi vida académica y personal. Gracias por siempre estar ahí, siendo un soporte importante para no decaer nunca.

A la Universidad Privada del Norte, por abrirme las puertas del conocimiento en sus aulas y haberme permitido desarrollarme moral y académicamente, permitiéndome cumplir con una de las metas de mi vida, ser profesional.

Al ing. Iván Vásquez Alfaro, quien ha sido pieza fundamental para la realización y culminación de esta investigación; gracias por la paciencia, por los conocimientos brindados, por la orientación, por todo el apoyo y facilidades que me fueron brindadas en su espacio y por la motivación durante el desarrollo de la tesis.

A mis amigos por confiar en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré, gracias por brindarme una mano amiga con la cual contaré en todo momento.

Elisa Zoraida Briones Gatica

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación	17
1.4. Limitaciones	17
1.5. Objetivos	18
a. Objetivo general	18
b. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Morteros	22
2.2.2. Tipos de morteros	22
a. Mortero de cal	22
b. Mortero de cemento y cal	22
c. Mortero de yeso	23
2.2.3. Yeso	23
a. Composición química del yeso	23
b. Proceso de obtención del yeso	23
2.2.4. Clasificación del yeso	24
a. Yeso crudo	24
b. Semihidrato alfa	24
c. Semihidrato beta	24
d. Anhidrita II	24
e. Anhidrita III	25
2.2.5. Yacimientos de yeso en el Perú	25
2.2.6. Agua de amasado	27
2.2.7. Reacción yeso más agua	27
2.2.8. Condiciones a trabajar en el yeso	28
a. Pureza del agua	28
b. Temperatura del agua	28
c. El mezclado	28
2.2.9. Tipos de yeso	29
a. Yeso grueso	29
b. Yeso fino	29
c. Yeso prefabricado	30
d. Escayola (Escayola E30)	30
e. Escayola especial (Escayola E-35)	31
2.2.10. Usos y aplicación	31
a. En la albañilería	31
b. En la prefabricación	32
c. En forma industrial	32
d. Medicinalmente	32
e. En la agricultura	32
f. Uso de yeso en mampostería	32
2.2.11. Propiedades físicas del yeso	33
a. Granulometría	33
b. Tiempo de fraguado	33

c. Aislamiento térmico	33
2.2.12. Conservación y restauración patrimonio cultural	34
a. Conservación	34
b. Restauración	35
2.3. Hipótesis	37
2.3.1. Hipótesis general.....	37
2.3.2. Hipótesis específica	37
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	39
3.1. Operacionalización de variables.....	39
3.1.1. Variable independiente	39
3.1.2. Variable dependiente	39
3.2. Diseño de investigación	40
3.3. Unidad de estudio	40
3.4. Población.....	41
3.5. Muestra	41
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	42
3.6.1. Técnica de recolección de datos.....	42
3.6.2. Instrumentos y procedimientos de recolección de datos	44
3.6.2.1. Proceso experimental.....	44
3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos.	51
3.7.1. Media aritmética	51
3.7.2. Varianza	51
3.7.3. Desviación estándar.....	51
3.7.4. Prueba de normalidad	52
3.7.5. Prueba de Fisher.....	54
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	57
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	62
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS.....	81
APÉNDICE.....	83
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Valores del coeficiente de penetración térmica	34
Tabla N° 2: Valores de protección contra el fuego	34
Tabla N° 3: Hipótesis general.....	37
Tabla N° 4: Hipótesis específica para la compresión	37
Tabla N° 5: Hipótesis específica para la porosidad	37
Tabla N° 6: Hipótesis específica para la densidad	38
Tabla N° 7: Hipótesis específica para el fraguado.....	38
Tabla N° 8: Hipótesis específica para la expansión.....	38
Tabla N° 9: Operacionalización de variable dependiente	40
Tabla N° 10: Matriz de diseño.....	40
Tabla N° 11: Población de probetas cúbicas de yeso.	41
Tabla N° 12: Técnicas para registro de datos de ensayos.	42
Tabla N° 13: Método de ensayo de análisis granulométrico.....	45
Tabla N° 14: Registro de datos de contenido de humedad.	46
Tabla N° 15: Registro de datos de grado de pH y conductividad.	46
Tabla N° 16: Registro de datos para porosidad y densidad	48
Tabla N° 17: Registro de datos de ensayo de aguja Vicat	49
Tabla N° 18: Registro de datos de ensayo de compresión.....	50
Tabla N° 19: Caracterización física de yesos industriales y artesanales.	57
Tabla N° 20: Características químicas de yesos industriales y artesanales.	57
Tabla N° 21: Composición del yeso Hades construcción y artesanal I.....	58
Tabla N° 22: Proporción de yeso y agua.	58
Tabla N° 23: Tiempo de endurecimiento y temperatura máxima para yesos.	58
Tabla N° 24: Comportamiento de vacíos y control de calidad.	59
Tabla N° 25: Media, varianza y desviación estándar para densidad global.	59
Tabla N° 26: Capacidad de aplastamiento y control de calidad.	60
Tabla N° 27: Variación de volumen y control de calidad.	60
Tabla N° 28: Costo unitario de elaboración de mortero por m ²	61
Tabla N° 29: Costo total de elaboración de mortero.	61
Tabla N° 30: Propiedades óptimas del yeso Martell.	76
Tabla N° 31: Toma de dimensiones de moldes A,B y C.....	83
Tabla N° 32: Medidas de moldes D,E y F.	84
Tabla N° 33: Análisis de textura del yeso J.C. construcción.....	85
Tabla N° 34: Media para granulometría de yeso J.C. construcción y control de calidad.	85
Tabla N° 35: Análisis de textura del yeso J.C. cerámico.	86
Tabla N° 36: Media para granulometría de yeso J.C. cerámico y control de calidad.	86
Tabla N° 37: Análisis granulométrico del yeso Hades construcción.....	87
Tabla N° 38: Media para granulometría de yeso Hades construcción y control de calidad.	87
Tabla N° 39: Análisis de textura del yeso Hades cerámico.	88
Tabla N° 40: Media para granulometría de yeso Hades cerámico y control de calidad.	88
Tabla N° 41: Análisis granulométrico del yeso Martell.	89
Tabla N° 42: Media para granulometría de yeso Martell y control de calidad.	89
Tabla N° 43: Análisis granulométrico del yeso Artesanal I.	90
Tabla N° 44: Media para granulometría de yeso Artesanal I y control de calidad.....	90
Tabla N° 45: Análisis de textura del yeso Artesanal II.	91
Tabla N° 46: Media para granulometría de yeso Artesanal II y control de calidad.....	91
Tabla N° 47: Análisis de textura del yeso Artesanal III.	92
Tabla N° 48: Media para granulometría de yeso Artesanal III y control de calidad.....	92
Tabla N° 49: Agua física de cada tipo de yeso.	93
Tabla N° 50: Datos del ensayo de nivel de pH y conductividad para yeso y agua.....	94
Tabla N° 51: Datos del endurecimiento del yeso J.C construcción.	95
Tabla N° 52: Datos de fraguado del yeso J.C cerámico.	95
Tabla N° 53: Datos del endurecimiento del yeso Hades construcción.	96
Tabla N° 54: Datos de fraguado del yeso Hades cerámico.	96
Tabla N° 55: Datos del estado fresco a endurecido del yeso Martell.	97
Tabla N° 56: Datos de fraguado del yeso Artesanal I.	98

<i>Tabla N° 57: Datos de endurecimiento del yeso Artesanal II.</i>	98
<i>Tabla N° 58: Datos del estado fresco a endurecido del yeso Artesanal III.</i>	99
<i>Tabla N° 59: Datos de porosidad para cada probeta de yeso.</i>	100
<i>Tabla N° 60: Datos de densidad global para cada probeta de yeso.</i>	101
<i>Tabla N° 61: Datos de carga máxima para cada probeta de yeso.</i>	102
<i>Tabla N° 62: Datos de cambio volumétrico para el yeso J.C.</i>	103
<i>Tabla N° 63: Datos de cambio volumétrico para el yeso Hades.</i>	104
<i>Tabla N° 64: Datos de cambio volumétrico para el yeso Martell.</i>	105
<i>Tabla N° 65: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal I.</i>	105
<i>Tabla N° 66: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal II.</i>	106
<i>Tabla N° 67: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal III.</i>	106
<i>Tabla N° 68: Cantidad de materiales por cubo de mortero.</i>	107
<i>Tabla N° 69: Puntos porcentuales de la distribución $F_{0.05, v1, v2}$</i>	110
<i>Tabla N° 70: Prueba de normalidad para la compresión.</i>	111
<i>Tabla N° 71: F experimental para la compresión.</i>	111
<i>Tabla N° 72: Estimación de Y_j y Y_i para compresión</i>	112
<i>Tabla N° 73: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de compresión.</i>	114
<i>Tabla N° 74: Prueba de normalidad para la densidad.</i>	114
<i>Tabla N° 75: F experimental para la densidad.</i>	115
<i>Tabla N° 76: Estimación de Y_j y Y_i para densidad.</i>	115
<i>Tabla N° 77: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de densidad.</i>	116
<i>Tabla N° 78: Prueba de normalidad para la porosidad.</i>	117
<i>Tabla N° 79: F experimental para la porosidad.</i>	117
<i>Tabla N° 80: Estimación de Y_j y Y_i para porosidad.</i>	117
<i>Tabla N° 81: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de porosidad.</i>	119
<i>Tabla N° 82: Prueba de normalidad para el fraguado.</i>	119
<i>Tabla N° 83: F experimental para el fraguado.</i>	120
<i>Tabla N° 84: Estimación de Y_j y Y_i para fraguado.</i>	120
<i>Tabla N° 85: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de fraguado.</i>	121
<i>Tabla N° 86: Prueba de normalidad para la expansión.</i>	122
<i>Tabla N° 87: F experimental para la expansión.</i>	122
<i>Tabla N° 88: Estimación de Y_j y Y_i para expansión.</i>	123
<i>Tabla N° 89: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de expansión.</i>	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Yesos comercializados en la ciudad de Trujillo.....	15
Figura N° 2: Proceso productivo del yeso.....	24
Figura N° 3: Equilibrio de fases sulfato cálcico-agua.....	25
Figura N° 4: Yacimientos de yeso en el departamento de La Libertad.....	26
Figura N° 5: Temperatura del agua T (°F) sobre fraguado Tf (min).....	28
Figura N° 6: Tiempo de mezclado Tm (min) sobre la resistencia a compresión Rc (Psi).....	28
Figura N° 7: Tiempo de mezclado Tm (min) sobre el tiempo de fraguado Tf (min).....	29
Figura N° 8: Uso de yeso grueso en revestimiento de muros.....	29
Figura N° 9: Yeso fino empleado en blanqueo sobre revestimientos interiores.....	30
Figura N° 10: Yeso utilizado en la elaboración de elementos prefabricados.....	30
Figura N° 11: Cielo raso elaborado con yeso como elemento prefabricado.....	31
Figura N° 12: Placas de yeso prefabricadas.....	31
Figura N° 13: Muestra de probeta cúbica en estudio.....	42
Figura N° 14: Procedimiento experimental.....	44
Figura N° 15: Esquema de método de Arquímedes.....	48
Figura N° 16: Aparato Vicat para ensayo de fraguado.....	50
Figura N° 17: Ingreso de datos en SPSS.....	52
Figura N° 18: Ingreso de valores para yesos.....	50
Figura N° 19: Valores para relación a/y.....	52
Figura N° 20: Ingreso de valores en vista de datos.....	53
Figura N° 21: Pasos a seguir para realizar una prueba de normalidad.....	53
Figura N° 22: Proceso para analizar una variable dependiente.....	54
Figura N° 23: Resultado de la significancia por Shapiro Wilk.....	54
Figura N° 24: Edificaciones coloniales del centro de Trujillo.....	62
Figura N° 25: Difractograma de la muestra de yeso artesanal I.....	63
Figura N° 26: Difractograma de la muestra de yeso Hades construcción.....	64
Figura N° 27: Curvas granulométricas de los yesos de la investigación.....	66
Figura N° 28: Nivel de pH de yesos.....	67
Figura N° 29: Conductividad eléctrica de yesos y agua.....	67
Figura N° 30: Cristales formados por hidratación de yeso.....	69
Figura N° 31: Fraguado de yesos mediante aguja Vicat.....	70
Figura N° 32: Relación entre la porosidad, densidad y agua de amasado.....	71
Figura N° 33: Porosidad para cada yeso.....	72
Figura N° 34: Densidad de mortero de yeso.....	73
Figura N° 35: Resistencia a la compresión de yesos.....	74
Figura N° 36: Expansión de yesos.....	75
Figura N° 37: Humedad de los tipos de yeso.....	93
Figura N° 38: Muro para el cálculo de mortero para revestimiento por m ²	107
Figura N° 39: Yeso J.C construcción.....	133
Figura N° 40: Yeso J.C cerámico.....	133
Figura N° 41: Yeso Hades construcción.....	133
Figura N° 42: Yeso Hades cerámico.....	133
Figura N° 43: Yeso Martell.....	133
Figura N° 44: Yeso artesanal I.....	133
Figura N° 45: Yeso artesanal II.....	133
Figura N° 46: Yeso artesanal III.....	134
Figura N° 47: Granulometría por lavado.....	134
Figura N° 48: Tamizado de muestras de yeso.....	134
Figura N° 49: Control de pH de yesos.....	135
Figura N° 50: Control de conductividad de yesos.....	135
Figura N° 51: Conformado de probetas.....	135
Figura N° 52: Desmolde de probetas.....	135
Figura N° 53: Registro de datos después de desmolde.....	135
Figura N° 54: Registro de medidas diarias para control de expansión.....	136
Figura N° 55: Probetas sumergidas para ensayos físicos.....	136
Figura N° 56: Equipo de Arquímedes para ensayos físicos.....	136
Figura N° 57: Ensayo de resistencia a la compresión.....	137

RESUMEN

El yeso sin duda es un material de gran importancia en el campo de la construcción y sobre todo en procesos de conservación de edificaciones consideradas patrimonio cultural, si bien en nuestro país este material no es utilizado de la misma manera que en otros países, esto no le quita las grandes características que presenta para dar solución a problemas ocasionado por el paso del tiempo que sufren las edificaciones que son consideradas patrimonio cultural y en general todo tipo de construcción. Está claro que el uso del yeso según sus características físico mecánicas muestra un gran desempeño frente a agentes externos o a exposiciones de temperaturas de gran magnitud. Por ende, debido a que el yeso es un material accesible y de bajo costo se toma en cuenta como material restaurador y de gran uso en métodos constructivos. Por ello, la presente investigación propone ahondar en las características físico mecánicas que presenta el yeso como expansión, resistencia a la compresión, porosidad, densidad y fraguado de tal manera que este se muestre como una gran opción en el campo de la construcción.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha utilizado yesos de diferentes lugares de procedencia de la ciudad de Trujillo, 3 yesos industriales (marcas registradas) comercializados en grandes ferreterías y 3 yesos artesanales obtenidos de ferreterías pequeñas. Se analizó la composición mineralógica tanto para el yeso artesanal I y Hades construcción, revelando que ambos yesos no cumplen con los parámetros establecidos respecto a su composición química; se clasificaron los yesos según su tipo, de construcción y cerámico, se analizó la relación agua/yeso adecuada que fue de 0.60 (38% de agua) y 0.70 (41% de agua), respecto a la granulometría del material utilizado, se muestran como un material de grano fino a grueso con un módulo de finura que oscila desde 0.6 hasta 2.3. Las características que presenta el yeso en estado fresco según las relaciones a/y obtenidas, es un material trabajable con un tiempo de fraguado de aproximadamente 61 minutos, para luego conformar 240 probetas cúbicas de dimensiones de 5cm x 5cm x 5cm en moldes de madera; las probetas tuvieron un periodo de secado de 26 a 28 días. Se determinó que no existen yesos de calidad en nuestra ciudad, sin embargo, el yeso Martell presentó mejores propiedades con una resistencia de 13 kg/cm² a 26 días de curado a temperatura ambiente, además, la mejor relación a/y es de 0.70. Así mismo, este yeso presentó un contenido de humedad con 6.8% y densidad de 0.94 g/cm³ estando dentro del rango permitido tomando en cuenta datos teóricos, con esto se recomienda utilizar este yeso para fines de trabajos de restauración y revestimientos para edificaciones consideradas patrimonio cultural. El yeso artesanal I y III obtienen bajos resultados de compresión con 10 kg/cm² además de tener altos porcentajes de porosidad con 51%.

Según la prueba de normalidad mediante SPSS las variables estudiadas tienen un comportamiento normal y el análisis de varianza nos muestra que las hipótesis alternas o específicas se aceptan por tener un F experimental mayor al teórico.

Finalmente, los análisis de estos resultados han sido de gran ayuda para determinar las bondades que presenta el yeso como material de uso para conservación en el campo de la construcción.

ABSTRACT

Gypsum is undoubtedly a material of great importance in the field of construction and especially in processes of conservation of buildings considered cultural heritage, although in our country this material is not used in the same way as in other countries, this does not it removes the great characteristics that it presents to solve problems caused by the passage of time that suffer the buildings that are considered cultural heritage and in general all types of construction. It is clear that the use of gypsum according to its physical and mechanical characteristics shows a great performance against external agents or exposures of high temperatures. Therefore, because gypsum is an accessible and inexpensive material, it is taken into account as a restorative material and of great use in constructive methods. Therefore, the present investigation proposes to delve into the physical and mechanical characteristics that plaster presents as expansion, resistance to compression, porosity, density and setting in such a way that it is shown as a great option in the field of construction.

For the development of the present research, plasters from different places of origin from the city of Trujillo, 3 industrial plasters (registered trademarks) marketed in large hardware stores and 3 handmade plasters obtained from small hardware stores have been used. The mineralogical composition was analyzed for both the artisan plaster I and Hades construction, revealing that both plaster casts do not comply with the established parameters regarding their chemical composition; the gypsums were classified according to their type, construction and ceramic, analyzed the water / gypsum ratio was 0.60 (38% water) and 0.70 (41% water), with respect to the granulometry of the material used, are shown as a fine-to-coarse-grained material with a fineness modulus ranging from 0.6 to 2.3. The characteristics that the plaster presents in fresh state according to the ratios a / and obtained, is a workable material with a setting time of approximately 61 minutes, to then form 240 cubic specimens of dimensions of 5cm x 5cm x 5cm in wooden molds; the specimens had a drying period of 26 to 28 days. It was determined that there are no quality plasters in our city, however, the plaster Martell presented better properties with a resistance of 13 kg / cm² to 26 days of curing at room temperature, in addition, the best ratio to / and is 0.70. Likewise, this plaster presented one moisture content with 6.8% and density of 0.94 g / cm³ being within the allowed range taking into account theoretical data, with this it is recommended to use this plaster for the purpose of restoration work and coatings for buildings considered cultural heritage. The artisan gypsum I and III obtain low compression results with 10 kg / cm² in addition to having high percentages of porosity with 51%. According to the SPSS normality test, the variables studied have a normal behavior and the analysis of variance shows us that alternate or specific hypotheses are accepted as having an experimental F greater than the theoretical one. Finally, the analysis of these results has been of great help to determine the benefits of gypsum as a material for conservation use in the field of construction.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A lo largo de la historia se han producido una gran cantidad de objetos que dan testimonio del momento en el que se realizaron y se usaron. En su mayor parte eran objetos utilitarios, creados con un fin muy concreto que difieren mucho del valor que se les otorga actualmente. El paso conceptual que se da de ser un objeto utilitario a un objeto cultural, es fundamental para entender la importancia que supone la conservación material de estos objetos. (Tejedor, 2012)

La rehabilitación de edificios de patrimonio es un tema complejo y polémico, uno de cuyos ejes esenciales pasa por los morteros a utilizar y su forma de aplicación. Será siempre recomendable que el mortero de restauración sea de comportamiento semejante al original; en determinadas situaciones el mortero de restauración ha de poseer menos resistencia mecánica que los históricos para que, si vuelve a moverse la grieta, se produzca la rotura en el mortero de restauración y no en el mortero original. Cada caso concreto necesitará de una actuación personalizada acorde con esta filosofía. Hay que evaluar y predecir el comportamiento de los materiales empleados. Así pues, necesitamos morteros cuyo comportamiento/durabilidad sea bien conocido y fácilmente predecible, este es uno de los condicionantes más evidentes e importantes a la hora de elegir un mortero de restauración. Desde comienzos de este siglo, las notables propiedades del Portland hacen que sustituya a los morteros tradicionales; conforma lo que pueden llamarse morteros de base cementicia. A finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI la tendencia en el mercado ha sido la presencia de cementos cada vez más aditivados y la sustitución de ligantes cementicios por resinas orgánicas. Centrándonos en los ligantes de base cementicia, podemos afirmar que su uso en rehabilitación de patrimonio histórico ha generado numerosos problemas; se han necesitado 40 a 50 años desde el comienzo de su uso para poder empezar a conocer sus patologías y problemas derivados de su empleo. El origen de numerosas patologías de sales que deterioran el patrimonio restaurado con morteros modernos se encuentra en el uso de cemento Portland; epsomita, mirabilita, ettringita y thawmasita son sales que se han citado específicamente ligadas al cemento Portland. Los morteros tradicionales constituyen la alternativa lógica y razonable a los morteros modernos si pretendemos restaurar, conservar o rehabilitar patrimonio; estos morteros que presentan características similares a los originales corresponden a dos grandes grupos de morteros: morteros de cal y morteros de yeso. (Gisbert, Mateos, & Somovilla de Miguel, 2015)

En la actualidad, las investigaciones llevadas a cabo recomiendan que los morteros de restauración deben asemejarse a los morteros originales en aspectos estéticos a los que van a reemplazar y adecuados a su función en el edificio, deben poseer unas características físico

químicas y de resistencia a los agentes externos semejantes al resto de la obra, además de contar con propiedades de puesta en obra óptimas (trabajabilidad, compacidad, docilidad, etc.); en el caso de la evaluación de morteros de restauración se tendrá que considerar la calidad de las materias primas, ya sean áridos, aglomerante, agua y posibles aditivos; por otro lado, la calidad técnica de los morteros que se determina mediante diversos ensayos normalizados en laboratorio, tanto sobre mortero en estado fresco (consistencia, contenido de agua, etc) como en estado endurecido, determinando las propiedades físico mecánicas, mineralógicas y químicas. (Histórico, 2017)

En España, existen en Aragón muchas viviendas, iglesias y castillos con enormes estructuras hechas sólo de yeso. En Teruel, las Torres Mudéjares y la Iglesia de San Pedro están realizadas con muros de carga de yeso. Con yeso se revistieron suelos y fachadas exteriores, y que todavía hoy se siguen haciendo. (Intabaus, 2016)

En México, la industria del yeso se da en grandes proporciones; el yeso sin calcinar (yeso crudo) es consumido en su totalidad por la industria cementera que lo utiliza como componente del cemento Portland y por la industria agrícola que lo utiliza para neutralizar la tierra cuando tiene un pH alcalino, para mejorar la permeabilidad de los materiales arcillosos y aportar azufre. En cuanto a la oferta del yeso calcinado, se orienta mayoritariamente al mercado de la construcción o para productos tales como paneles o bloques; también es utilizado principalmente en el recubrimiento de interiores en arquitectura, en el cemento como aditivo para retardar el proceso de fraguado; etc. Actualmente en México, se consume 3.6 toneladas de yeso al año, de los cuales 3.2 están destinadas a la industria de la construcción. Además, México exporta yeso principalmente a Estados Unidos mediante grandes empresas, en el 2011 se ubicaron 9.7 millones de dólares de los cuales el 84% corresponden a la producción de yeso natural (anhidrita) y el 16% restante corresponde a la exportación de yeso fraguable. (Minería, 2013)

El Perú es un país multicultural, que a lo largo de su proceso histórico se ha logrado constituir en uno de los focos que alberga la riqueza cultural más nutrida y variada del mundo, que comprende todas aquellas expresiones o testimonios de la creación humana que tienen especial relevancia en relación con la arqueología, la historia, la literatura, la educación, el arte, las ciencias y la cultura en general de este país, y que además mantiene vivos los elementos específicos que distinguen sus diferentes y múltiples contextos culturales. De ahí la importancia por su protección, conservación y transmisión a las generaciones del futuro, así como la lucha por evitar su depredación, la misma que se inició desde el momento de la conquista española. (Fuller, 2014)

El estado de conservación del patrimonio inmueble en el Perú es en su mayoría malo o muy malo, pues existe una gran cantidad de edificios declarados monumento y muchos otros que tienen valor monumental. Aunque hoy en día se evidencia una mayor preocupación sobre el tema de parte de profesionales y ciudadanos, no se puede decir que se ha hecho un gran avance. En la actualidad, han surgido una buena cantidad de colectivos, grupos, talleres y cursos universitarios que fomentan la preocupación sobre el patrimonio. Muchos de ellos, además, realizan actividades que logran aportar a la conservación y restauración de bienes patrimoniales. Sin embargo, en el Perú existen muchos problemas que van en contra de la corriente de la conservación de tan preciado legado arquitectónico y del patrimonio en general. (Hiromoto, 2016)

La Municipalidad de Santiago de Surco, de la mano con el sector privado, emprendió las obras de restauración del techo de la cuatricentenaria iglesia virreinal Santiago Apóstol de Surco, la cual contará esta vez con medidas de seguridad antisísmicas para evitar tragedias o pérdidas humanas. Estos trabajos de restauración, cuya inversión estimada es de 1 millón 300 mil soles, constará en la reconstrucción de las tres capas de la bóveda del techo de cañón corrido (cielo raso, capa de estructura de madera, capa de revestimiento de barro y caña) del templo que mide 50 metros de largo con 20 en curva, donde se colocarán los nuevos arcos de madera. Para ese fin, explicó el arquitecto encargado de la obra, se usará unos 80 mil pies de madera tornillo con 7 pulgadas de espesor, traídas de la selva peruana en camiones, además de quincha, yeso, barro y concreto. (Hogar, 2017)

Los usos del yeso son frecuentes en la construcción y datan de épocas antiguas, donde era empleado en edificaciones y construcciones. Entre los múltiples usos del yeso para la construcción encontramos que se usa para: Reconstrucción y revestimiento de muros, aislante térmico y acústico, elementos ornamentales y estatuillas, etc. (Arkiplus, 2016)

El departamento de La Libertad es un territorio donde existen grandes canteras de yeso, diez para ser exactos, según el Ministerio de Energía y Minas. Sin embargo, en la ciudad de Trujillo se comercializan en las grandes y pequeñas tiendas ferreteras, yesos procesados de forma industrial y artesanal, que no necesariamente son extraídos de los yacimientos de la provincia o departamento; en las grandes tiendas ferreteras se puede encontrar yeso de construcción y cerámico de la marca Hades, J.C y Martell, este último según su etiqueta proviene del departamento de Ancash; las ferreterías pequeñas de la ciudad comercializan yesos que son procesados en forma artesanal, que no necesariamente tienen una marca registrada.



Figura N° 1: Yesos comercializados en la ciudad de Trujillo.

En Trujillo, las casonas construidas dentro del centro histórico de la ciudad en su mayoría tienen enlucidos de yeso en sus muros y techos, tantos ejemplos que mencionar como, casa Bracamonte, casa del Mayorazgo de Facalá, casa Urquiaga, casa de la Emancipación, teatro municipal entre otras, estas casonas están tarrajeadas con yeso para evitar el desprendimiento del barro del muro; además, cabe mencionar que las murallas ubicadas en los alrededores de la ciudad están revestidas de yeso y sobre esto pintura blanca.

La Municipalidad Provincial de Trujillo, a través del Proyecto Especial Centro Histórico de Trujillo (PECHT), en coordinación con la Dirección Regional del Instituto Nacional de Cultura – La Libertad, calificó las casonas coloniales consideradas monumentos históricos, que requieren financiamiento para ejecutar proyectos de refacción, restauración y puesta en valor. El gerente del PECHT, arquitecto José Huerta Mejía, explicó que de acuerdo al expediente técnico de refacción de la fachada de la casa Astudillo, se hicieron 6 calas (raspados del muro) en forma vertical y 2 calas horizontales, en busca de pinturas murales, detectándose pinturas de colores rosado, marfil y crema, enlucidas con yeso y barro sobre un muro de adobes. (Cabrera, 2006)

En el Perú, el Instituto Nacional de Cultura es el principal organismo encargado de la preservación, conservación y restauración de bienes culturales muebles e inmuebles, es por ello que su autorización es imprescindible para la realización de investigaciones nacionales y/o extranjeras de nuestro patrimonio. La finalidad del Instituto Nacional de Cultura es afirmar la identidad nacional mediante la ejecución descentralizada de acciones de protección,

conservación, formación, promoción, puesta en valor y difusión del Patrimonio Cultural de la Nación y las manifestaciones culturales para contribuir al desarrollo nacional, con la participación activa de la comunidad y el sector público y privado; teniendo como base legal a la Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, Ley N° 28296. (Fuller, 2014). La norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada” en su capítulo V titulado “Obras patrimoniales de tierra”, artículo 21, expone consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

Eduardo, C. y Zegarra, L. 2015; presentaron la tesis “Tabiquería Ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero, como técnica de Bioconstrucción en la ciudad de Puno”: Esta investigación tuvo como objetivo proponer una tabiquería ecológica para la ciudad de Puno, aprovechando los recursos naturales de la zona, de tal manera minimizar en lo posible el impacto ambiental y costos de las construcciones. En una primera etapa se caracterizó la totora que se iba utilizar y además se aplicaron revestimientos de yeso en la tabiquería con espesores de 0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm y bajo una relación agua/yeso de 0.60, además, el yeso que se utilizó fue obtenido de la zona de Samán de la provincia de Azángaro. Finalmente, las autoras concluyeron que el revestimiento de yeso de 1.0 cm de espesor presentó mejor comportamiento ante los agentes externos, resaltando sus propiedades térmicas y acústicas. Además, concluyeron que el costo por metro cuadrado con los revestimientos estudiados, arrojaron valores inferiores a las tabiquerías tradicionales utilizadas en la ciudad de Puno.

La Municipalidad de Huancayo en coordinación con la empresa Canvar Construc e Inmobiliaria E.I.R.L firmaron un contrato para la remodelación de la Plaza Constitución; el proyecto incluyó los trabajos de recuperación de la cúpula de la iglesia catedral con la reintegración de revestimientos en el interior con yeso sobre caña brava y correas. (Romero, 2016)

Si bien es cierto nuestra ciudad es un símbolo de construcciones coloniales, no todas de estas se encuentran en buen estado de conservación, pues el paso de los años, el mal uso de estas construcciones, las inclemencias del tiempo son factores que contribuyen al deterioro de estas edificaciones. La falta de inversión en proyectos de restauración de patrimonio cultural por parte de las autoridades hace que estas construcciones coloniales aun permanezcan con una apariencia lamentable. Siendo el monto asignado para el sector cultura de S/ 456'546,043; representando el 0.35% del Presupuesto General de la República del año 2018. A esto se suma que ese dinero se asigna y reparte entre todos los Gobiernos Regionales y Municipios de todo el país.

Para recuperar y mantener en buen estado las construcciones coloniales que pertenecen al patrimonio cultural en nuestra ciudad se desea utilizar el yeso como mortero para revestimientos en proceso de restauración y conservación de estas edificaciones, pues se

sabe que este material tiene excelentes propiedades bioclimáticas de asilamiento, se usa para enlucidos, relieves arquitectónicos, etc.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida influye el tipo y la relación agua/yeso sobre la compresión, porosidad, densidad, fraguado y expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018?

1.3. Justificación

La presente investigación justifica su realización en la intención de conseguir información sobre las características de los yesos finos, gruesos, de construcción, cerámicos, artesanales e industriales que se comercializan en la ciudad de Trujillo, a través del análisis de fichas técnicas existentes y ensayos de laboratorio, se busca mostrar que los yesos cumplan con las normativas para ser utilizados en el campo de la construcción.

Para determinar las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los yesos, se realizarán ensayos como: granulometría por lavado, contenido de humedad, resistencia a la compresión, nivel de pH y conductividad eléctrica, con esto se obtendrán datos certeros que muestren las características reales de los yesos en estudio. Para mejorar la calidad de los yesos se realizará los ensayos de aguja Vicat con el fin de determinar la mejor relación agua/yeso y verificar el tiempo de fraguado para los diferentes yesos que se utilizarán en la investigación. Realizar esta investigación conlleva una gran importancia debido a la escasa información y poco interés que se le da a los materiales aglomerantes como es en este caso el yeso, siendo nuestro país un lugar donde se puede explotar este material siguiendo todas las normas establecidas y aprovechando este recurso que la naturaleza nos brinda, con esta investigación se intenta realzar el uso del yeso como material principal para la conformación de morteros tradicionales para restauración de edificaciones consideradas patrimonio cultural y porque no, también a edificaciones modernas. Con la presente investigación se aportará información importante para la ingeniería acerca de parámetros que aún no están establecidos en Normas Peruanas pero que los ensayos realizados arrojarán sobre el comportamiento del yeso en su estado fresco, endurecido y como material suelto.

Debido al descuido y poca inversión en proyectos de conservación de patrimonio de parte de las autoridades, se ve la necesidad de investigar más a fondo esta problemática proponiendo el estudio del yeso como material base que se usa en procesos constructivos de conservación de edificaciones en nuestra ciudad. Esta investigación ayudará a ampliar el conocimiento en los que respecta el campo de materiales de construcción y procesos de conservación de edificaciones.

1.4. Limitaciones

- Escasa bibliografía nacional sobre morteros de yeso para la construcción.
- Falta de reglamentos y normas sobre yeso para realizar ensayos de laboratorio.

1.5. Objetivos

a. Objetivo general

Determinar la influencia del tipo y la relación agua/yeso sobre la compresión, porosidad, densidad, fraguado y expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

b. Objetivos específicos

- Caracterizar los yesos artesanales e industriales, a partir de sus especificaciones técnicas, como su granulometría y contenido de humedad.
- Determinar la relación agua/yeso adecuada para cada yeso artesanal e industrial.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de los yesos de las diferentes marcas, como son, compresión, porosidad, densidad, tiempo de fraguado y expansión.
- Analizar la influencia de la composición química del yeso sobre algunas propiedades del mortero de yeso.
- Evaluar los costos de producción de mortero por metro cuadrado para revestimiento con yeso:agua y cemento:arena.
- Realizar el análisis estadístico mediante ANAVA.
- Analizar los resultados obtenidos de los ensayos a las probetas de yeso.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Sanz, D. 2009 en su tesis doctoral “Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas” de la Universidad Politécnica de Madrid, tiene como objetivo explicar el comportamiento del yeso e identificar las fases constituyentes del sistema mineral del yeso tradicional. Para su investigación utiliza una muestra de yeso fabricado en hornos tradicionales como el yeso rojo de los yacimientos de Albarracín, obtenidos de la empresa Yesamsa; realiza la caracterización de su muestra mediante difracción de rayos X (DRX), luego realiza ensayos de hidraulicidad y control de expansión. En su investigación concluye que de acuerdo a la caracterización por DRX el buen comportamiento del yeso de fabricación artesanal al exterior se debe a la naturaleza de sus fases minerales y al sistema de hidratación de estas, además, afirma que el yeso Albarracín está compuesto por anhidrita e impurezas activas e inertes producidas por la naturaleza del sistema de fabricación artesanal, en un horno con un intervalo de temperatura entre 200° y 1000°C con alimentación continua de combustible durante 36 horas. El aporte de esta investigación es la importancia de realizar el ensayo de difracción de rayos X a la muestra de yeso que se va a utilizar, pues con esto se define con claridad cómo está compuesta la materia prima.

Mas, X. 2006 en su tesis doctoral “Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y réplicas de elementos pétreos escultórico- ornamentales” de la Universidad de Valencia, España, tiene como objetivo elaborar una serie de morteros compuestos susceptibles de ser utilizados en sellados, reposiciones y réplicas, además desea demostrar la idoneidad de los morteros seleccionados respecto a las propiedades requeridas para su utilización, evaluar la resistencia y el grado de deterioro de los morteros compuestos frente a agentes de deterioro físico, mecánico, químico y biológico. El autor conforma probetas de mortero compuesto con arena (9.9%), cal, yeso (39.7 %) y adiciones en porcentajes de resina (49.6%), además que conforma una probeta patrón sin aditivo. Luego realiza ensayos para el cálculo de densidad, contenido de humedad, porosidad, absorción, resistencia a la compresión, a la flexotracción y al desgaste por rozamiento seco y húmedo. Respecto al ensayo de compresión concluye que los morteros con adiciones de resina, acrílico y poliéster presentan valores muy por debajo a diferencia de los morteros sin adiciones. El aporte de esta investigación tiene énfasis en el ensayo a compresión, pues brinda un dato en el resultado del ensayo que puede ser útil como referencia para tenerlo en cuenta en la presente investigación.

Quituisaca, G. 2017 en su investigación “Mejoramiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento” de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, tiene como objetivo generar un mortero de revestimiento a base de fibra de sisal, aplicable a mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento, elaboró dos tipos de mortero, mortero de cemento con agregado fino y agua y mortero de yeso con una adición de 3% y 6% de fibra de sisal con adiciones de cal y goma. Realizó el ensayo de tiempo de fraguado por el método del cuchillo, además conformó probetas de dimensiones de 16cm x 4cm x 4cm para el ensayo de resistencia a la flexión y de 4cm x 4cm x 4cm para el ensayo de resistencia a la compresión, por otro lado, realizó ensayo de capilaridad, porosidad y resistencia al hinchamiento. Al final de su investigación, el autor concluye que a una relación agua/yeso de 0.50 con una dosificación cal:yeso de 1:3 y una adición de 6% de fibra de sisal, en el ensayo de resistencia a la flexión y compresión, obtienen buenas resultado, con valores de 24 kg/cm² y 28 kg/cm² respectivamente. Finalmente afirma que el mortero de revestimiento mejorado que elaboró es un mortero natural, flexible capaz de reconfigurarse de forma continua, para mejorar el acabado de las paredes que brindarán mejor confort en los espacios de las viviendas, tiene una característica especial, de que todo el material por el que está compuesto es natural esto permite repararse y sustituirse, alargando al máximo su ciclo de vida, además son 100% biodegradables y renovables por excelencia.

Esta investigación brinda información importante acerca de la dosificación del mortero de yeso, teniendo como referencia una relación agua/yeso de 0.50 y de acuerdo a esto también se podrá tomar en cuenta los valores de la resistencia a la compresión realizado.

Boza, L y Loayza, P. 2017 en su tesis “Influencia de la variación de la temperatura de cocción en las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera Orlando 2007 de acuerdo a la norma UNE-EN 13279-2” de la Universidad Andina del Cusco, Perú, tienen como objetivo determinar la influencia de la temperatura de cocción sobre las propiedades físicas y mecánicas del yeso, prepararon el mortero bajo una relación agua/yeso de 0.60, realizaron el ensayo de tiempo de fraguado por el método del cuchillo además que conformaron probetas de 4cmx 4cm x16cm para el ensayo de resistencia a la flexión de aquí que usaron los restos de las probetas ensayadas para resistencia a la compresión. Las muestras de yesos que trabajaron fueron calcinadas a 130°, 200°, 500°, 900° y 1100°C de todas estas se prepararon morteros con relación a/y 0.60. Los resultados que obtienen para la resistencia a la compresión para yeso calcinado a 130°C es en promedio de 62 kg/cm², a 200°C obtiene una resistencia de 98 kg/cm², a 500°C es de 77 kg/cm², a 900°C es de 99 kg/cm² y a 1100°C no se logró realizar el ensayo debido a que el material no logró conformarse como una probeta, además, con respecto al tiempo de fraguado obtienen un tiempo de 1 minuto con 54 segundos para un yeso calcinado a 130°C y 14 horas

aproximadamente para un yeso calcinado a 1100°C. Finalmente los autores concluyen que la temperatura de calcinación si influye significativamente sobre las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera Orlando 2007. Además, finalizan que, a mayor temperatura de cocción, mayor será la resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado. El aporte de esta tesis es bastante importante, pues nos muestra claramente que la temperatura de calcinación a la que está expuesta la piedra de yeso va a influir significativamente en las propiedades del mortero de yeso, entonces se debería tener en consideración el dato de la temperatura de calcinación del yeso.

Vásquez, I. 2008, en su tesis “Influencia del contenido de dextrina y diatomita sobre la resistencia al desgaste abrasivo, absorción de agua y porosidad aparente en moldes de yeso para la fabricación de productos cerámicos colados en barbotina mejorados” de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú, elaboró probetas cúbicas de 4 cm x 4 cm x 4 cm y rectangulares de 7.3 cm x 2.7 cm x 1.3 cm de dimensión. Realizó en análisis mineralógico de difracción de rayos X al yeso, donde el pico más alto en el difractograma muestra el alto contenido de anhidrita; la relación agua/yeso trabajada es de 0.70, 0.80 y 0.90; las probetas fueron curadas durante 14 días a temperatura ambiente y se llevó un control del peso cada 4 días. De los resultados se obtuvo que a mayor relación agua/yeso, mayor es la absorción de agua, porosidad aparente y desgaste abrasivo. Finalmente, el autor concluye que el contenido adecuado de diatomita y dextrina permite aumentar la vida útil de los moldes de yeso para la fabricación de productos cerámicos colados en barbotina, es de 6% de diatomita y 3% de dextrina en una relación agua - yeso de 0,7, obteniéndose un incremento de 13,06% de porosidad aparente, un incremento de 12,34% en absorción de agua y una disminución del desgaste abrasivo de 52,08% con respecto a una probeta sin adiciones.

Esta investigación brinda un aporte importante con respecto a la importancia de la relación agua/yeso a utilizar y cómo influye en las propiedades del mortero de yeso, tales como la absorción de agua y porosidad.

Mamani, D. 2016 en su tesis “Evaluación comparativa de las propiedades mecánicas entre el yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para uso en la fabricación de placas de yeso” de la Universidad Andina del Cusco, Perú, tiene como objetivo incrementar las propiedades mecánicas del yeso, tales como: Resistencia a compresión, resistencia a flexión, dureza. Para lo cual se elaboraron probetas únicamente de yeso y otras con yeso adicionado con material reciclado, tales como: celulosa, corcho, caucho, y polímero. Las que fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión, flexión y dureza bajo las normas internacionales europeas: UNE-EN 13279-2. La autora trabajó bajo una relación agua/yeso de 0.70 utilizando yeso fino de la zona, además las adiciones de celulosa, corcho, caucho y polímero fue de 10% para cada uno; realizó el ensayo

de tiempo de fraguado por el método de aguja Vicat, además realizó ensayo de resistencia a la flexión, compresión y dureza a todas las probetas. Finalmente, se hizo una evaluación comparativa de los resultados de los ensayos entre las probetas preparadas únicamente con mezcla de yeso (parámetro de comparación) y las probetas de yeso adicionado con material reciclado; como conclusión, la resistencia del mortero exclusivamente de yeso es menor al yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero), observó incrementos de 16% para caucho, 8% para corcho, 25% para polímero y 35% para la celulosa; cabe resaltar que la celulosa sin duda mejoró ampliamente las propiedades de resistencia del yeso.

Esta investigación brinda información importante acerca de las consideraciones de adicionar otro material al mortero de yeso para mejorar la resistencia a la compresión.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Morteros

El mortero es un material de construcción constituido básicamente por una mezcla de cemento, agregado fino y eventualmente otro material aglomerante (cal, yeso, cemento, etc.), que, al adicionarse agua, reacciona y adquiere resistencia, también puede estar compuesto por aditivos que mejoren sus propiedades tanto en estado fresco, como en endurecido. (Mancha, 2008)

2.2.2. Tipos de morteros

a. Mortero de cal

Los que interviene la cal como aglomerante, se distinguen, según el origen de ésta en aéreos los que reaccionan al contacto con el aire e hidráulicos, los que reaccionan al contacto con agua y aire. Las cales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris (dolomítica); en los morteros aéreos la arena tiene como objetivo principal evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1 -2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4.

b. Mortero de cemento y cal

Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia, superior a la de los morteros de cal; en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como morteros de cemento rebajado. Las relaciones de mezcla más usadas varían entre 1:2:6 1:2:10 de cemento, cal y arena; el agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada. Si el contenido de cemento es alto, el mortero será de alta resistencia y de poco tiempo entre amasado y colocación, será más o menos trabajable y tiene una contracción del 3% si el mortero es seco; en cambio si el contenido de cal es alto tendrá menor resistencia,

será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción. Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción. Por lo anterior debe buscarse una combinación adecuada a las condiciones de obra. (Colombia, 2009)

c. Mortero de yeso

Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de calcinación, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50%, para estucos el 60% y para moldes el 70%. El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora. (Colombia, 2009)

2.2.3. Yeso

El yeso es un mineral compuesto por un aglomerado de sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tiene color blanco y una textura compacta, terrosa y blanda. En forma de polvo tiene la propiedad de endurecerse con rapidez cuando se amasa con agua. (Salud, 2016)

El yeso como material de construcción es un producto pulvurento procedente de la calcinación de la piedra de yeso o aljez, que una vez mezclado con agua, en determinadas proporciones, es capaz de fraguar en el aire. Este yeso se denomina sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). (Madrid, 2008)

a. Composición química del yeso

La composición química del yeso es la siguiente:

32.6% CaO (Óxido de Calcio)

46.5% SO_3 (Óxido de azufre)

20.9% H_2O (Agua)

Su fórmula química es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Sulfato cálcico dihidratado). (Ecoingeniería, 2005)

b. Proceso de obtención del yeso

La piedra de yeso o aljez se extrae de canteras a cielo abierto o canteras subterráneas. Esta materia prima extraída, previamente a su calcinación, se tritura utilizando maquinaria apropiada, como pueden ser: los molinos de rodillos, machacadoras de mandíbulas, etc. El tamaño de grano tras su trituración viene determinado principalmente por el método o sistema de calcinación a emplear. Los diversos sistemas de calcinación del yeso se dividen en dos grandes grupos, en función de que los gases de combustión estén o no en contacto con la materia prima. Entre ellos destacamos: los hornos rotatorios, los hornos de caldera (marmitas) y las autoclaves. La elección del tipo de horno está en función principalmente del producto final que se quiere obtener, y de su rentabilidad. Tras la calcinación de la materia prima, ésta

se muele finamente para conseguir una granulometría correcta, y se almacena en silos hasta su distribución posterior, bien en sacos o a granel. (Madrid, 2008)

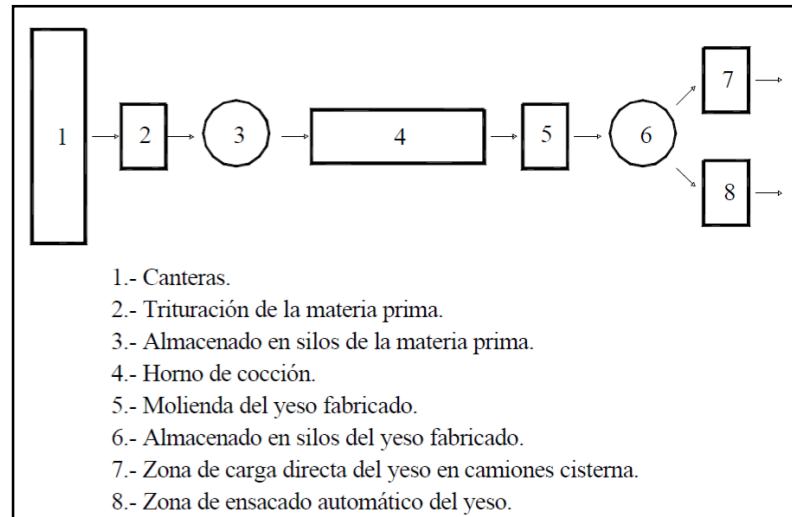


Figura N° 2: Proceso productivo del yeso (Universidad Politécnica de Madrid)

2.2.4. Clasificación del yeso

a. Yeso crudo

Es la piedra natural, compuesta químicamente por sulfato cálcico cristalizado conjuntamente con agua, en la proporción de dos moléculas de agua por cada molécula de sulfato cálcico, o sea sulfato cálcico dihidrato, que se denomina aljez o piedra de yeso. (Oviedo, 2005)

b. Semihidrato alfa

La forma de semihidrato se produce bajo presión (autoclave) y se caracteriza por tener sus cristales compactos. Ya a simple vista, pero sobre todo por observación microscópica, se reconocen claramente rasgos cristalinos. Los trozos de yeso transformados en hemihidrato tienen un aspecto sedoso brillante, resultante de la presencia de multitud de finos cristales aciculares mezclados entre sí. (Oviedo, 2005)

c. Semihidrato beta

La forma de semihidrato produce en atmósfera normal (marmita) y tiene las formaciones cristalinas más fragmentadas y holgadas, por tanto, es esponjoso y apenas se pueden reconocer en él caracteres cristalinos, ni siquiera recurriendo a mayores aumentos. Los fragmentos de yeso transformados en hemihidrato presentan un aspecto terroso. (Oviedo, 2005)

d. Anhidrita II

Por encima de los 300 °C y hasta los 1.180 °C se produce, mediante transformación exotérmica, el sulfato cálcico anhidro II o anhidrita II, también denominada anhidrita

insoluble. La anhidrita natural pertenece a esta variedad. Cristaliza en el sistema rómbico y se caracteriza por tener una solubilidad en agua de 3.0 g/dm³ a 20 °C y por ser más estable que la anhidrita III. Incluso algunas variedades de la anhidrita II necesitan activadores de fraguado para que se produzca la rehidratación. (Oviedo, 2005)

e. Anhidrita III

Por deshidratación total del doble hidrato o del hemihidrato entre 110 - 290 °C se produce el sulfato cálcico anhidro, o anhidrita III, también denominada anhidrita soluble. Es muy ávido de agua y muy inestable transformándose rápidamente en hemihidrato incluso con la humedad ambiente. Algunos autores franceses consideran que tiene algo de agua residual, mientras que los alemanes siempre la consideran sin agua de cristalización. Cristaliza en el sistema hexagonal y tiene una solubilidad en agua igual a 6.95 g/l a 20 °C. (Oviedo, 2005)

El yeso mineral se clasifica en semihidratados y anhidros, dependiendo de la temperatura y presión de calcinación como se indica en la figura N° 3.

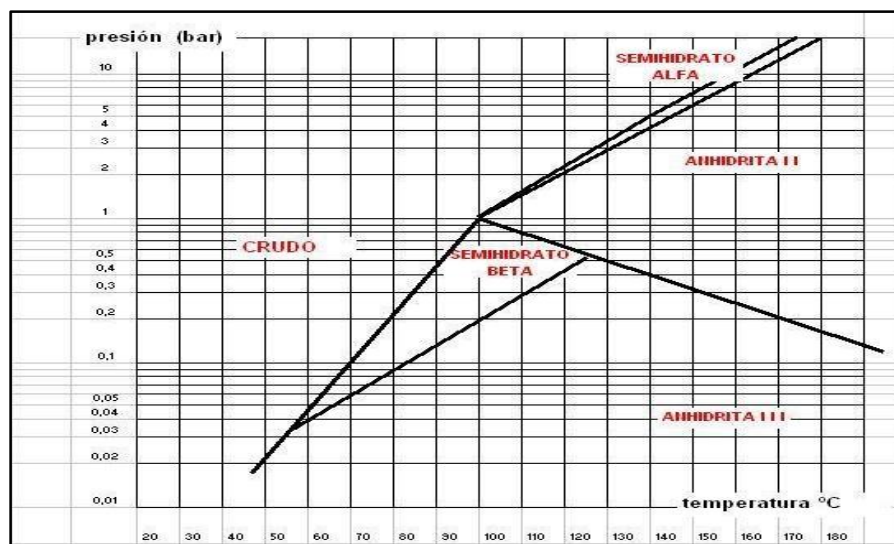


Figura N° 3: Equilibrio de fases sulfato cálcico-agua (Vásquez, 2008)

2.2.5. Yacimientos de yeso en el Perú

Los yacimientos más importantes de yeso tienen la forma de mantos horizontales o subhorizontales con una gran extensión, pero de espesor reducido. Los yacimientos de este tipo se presentan en los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad. Ejemplos ilustrativos de tales yacimientos son los de Pampas Zapallal, Salinas, y Coscobamba - Guadalupe. Los tres depósitos mencionados se explotan en pequeña escala.

El manto de la Pampa de Zapallal está ubicado en el departamento de Piura, tiene un espesor promedio de 40 cm, y extensión de varios kilómetros. Las reservas probadas probables de yeso en este manto se estiman en 2 000 000 de ton y el potencial en 5 000 000 toneladas.

En la pampa de Salinas (Lambayeque), los horizontes de yeso tienen un espesor de 20 a 25 cm, y una superficie de por los menos 10 km². El color del yeso es blanquecino y está compuesto de agregado de cristales y trazas de arcillas. El contenido de CaSO₄ es del 98% y la blancura es del 82.1%. Las reservas probadas-probables se estiman en 2 000 000 ton y el potencial en 5 000 000 ton. El yeso crudo extraído de este manto se calcina en hornos, con capacidad de 7 a 10 ton. cada uno. El yeso se produce por encargo del cliente. La producción se utiliza en Perú y una parte se exporta al Ecuador.

El depósito de yeso de Pampa Coscobamba-Guadalupita se encuentra en el distrito de Virú, departamento de La Libertad. Tiene más de 7 km de largo y 1.5 km de ancho, comprobado por los sondajes, y un espesor menor a un metro. Sus reservas han sido estimadas en 13 000 000 toneladas. Dicho yeso se depositó en una fosa paralela a la costa de unos 28 km de largo y está cubierto por arenas impregnadas con sal. El manto de yeso se encuentra cerca del nivel actual del mar. El yeso se explota de las Salinas de Guadalupito, cerca del extremo sur de la Pampa de Coscobamba, a 5 km del mar, el yeso explotado tiene una pureza de 96% de yeso, aunque por contaminación se presentan en colores marrones. Los fondos de excavación dejados por explotación del yeso en la Pampa de Guadalupito se encuentran por debajo del nivel del mar y está inundado por las filtraciones del agua marina. Cuando esta agua se evapora, deposita el yeso reciente a razón de 1 a 2 cm por año. El yeso precipitado no contaminado es blanco y tiene, según el método de agua de cristalización, el 99.2% de pureza. El análisis químico por fluorescencia indica una mayor pureza. En la cordillera Occidental los afloramientos se encuentran en Trujillo y también en las calizas Simbal que incluyen yeso, objeto de explotación. (Choi, 2015)

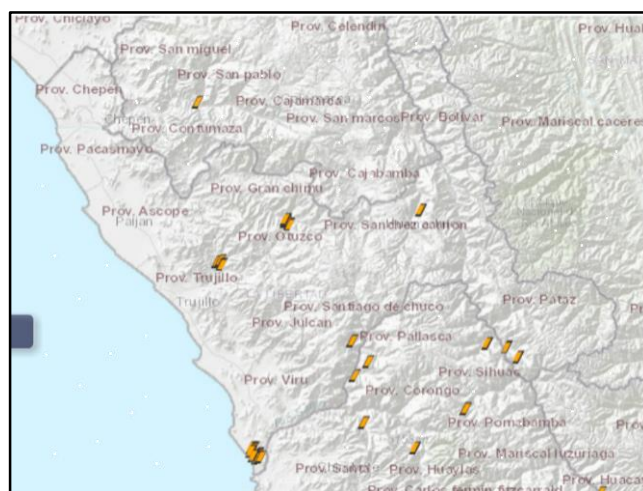


Figura N° 4: Yacimientos de yeso en el departamento de La Libertad (Geocadmid)

2.2.6. Agua de amasado

El agua necesaria para el amasado viene condicionada por el tipo de producto y su granulometría. Hay dos sistemas de determinación: mediante el amasado a saturación o a través del agua correspondiente a una consistencia normal. Ambos están normalizados, entre otras normas, en la UNE 102.031. El amasado a saturación consiste en espolvorear el producto sobre el agua sin tocar el recipiente, hasta que el yeso satura el volumen de agua y se queda enrasado con su superficie.

El agua de consistencia normal es la cantidad de agua necesaria para que la pasta adquiera la consistencia determinada por una norma. Se suele utilizar para fijar la consistencia una penetración del cono de Vicat o un determinado diámetro en la mesa de sacudidas. En pastas puras de yeso o escayola la relación entre el agua amasado a saturación y la correspondiente a consistencia normal suele ser fija y determinada, para cada tipo de producto. El amasado en obra por medios manuales se suele hacer a saturación o forzando un poco la cantidad de agua. (Oviedo, 2005)

2.2.7. Reacción yeso más agua

Al mezclarse con agua las fases anhidras o hemihidratadas de sulfato cálcico contenidas en el yeso en polvo, se disuelven y a continuación fraguan mediante una reacción de hidratación que provoca la transformación de la pasta desde un estado líquido inicial a uno plástico, en que puede trabajarse, para terminar de endurecer o pasar a un estado sólido, constituido por rehidrato. Las anhidritas solubles anhidrita III se transforman casi inmediatamente en hemihidratos. Sin embargo, el paso de la anhidrita insoluble Anhidrita II a hemihidrato es muy lento. El proceso de fraguado del yeso se puede considerar como un conjunto de fenómenos químicos y físicos estrechamente relacionados entre sí. El aspecto químico consiste en una reacción de hidratación, por el que las fases anhidras y hemihidratadas de sulfato cálcico, en contacto con el agua, se disuelven y reaccionan con ella para transformarse en una masa de cristales de sulfato cálcico dihidrato que actúan como elementos de unión. Esta reacción se hace con desprendimiento de calor. En condiciones de laboratorio, suele haber un incremento de 20 °C en la hidratación. La reacción que tiene lugar puede representarse como:

Hidratación



2.2.8. Condiciones a trabajar en el yeso

a. Pureza del agua

El agua con impurezas orgánicas alargará el tiempo de fraguado del yeso. Las cantidades grandes de sales solubles tales como cloruro de sodio, sulfato de sodio y sulfato del magnesio en el agua pueden emigrar a la superficie del molde mientras que se secan, formando la florescencia en las superficies, dando lugar a características variables de la absorción en los moldes de yeso. (Vásquez, 2008)

b. Temperatura del agua

Puesto que el yeso tiene solubilidad máxima entre 21 - 38°C, las variaciones en temperatura del agua afectan el tiempo de fraguado, representado en la figura N° 5 (Vásquez, 2008)

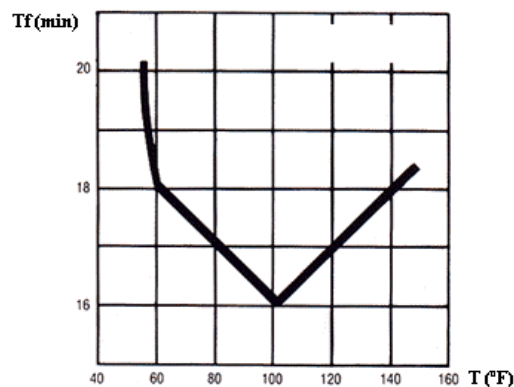


Figura N° 5: Temperatura del agua T (°F) sobre fraguado Tf (min)

c. El mezclado

La fuerza del molde de yeso se relaciona directamente con el mezclado, puesto que hay una relación directa entre la entrada de energía durante el mezclado y la fuerza desarrollada en el molde. La figura N° 6 presenta el tiempo de mezclado sobre la resistencia a la compresión. (Vásquez, 2008)

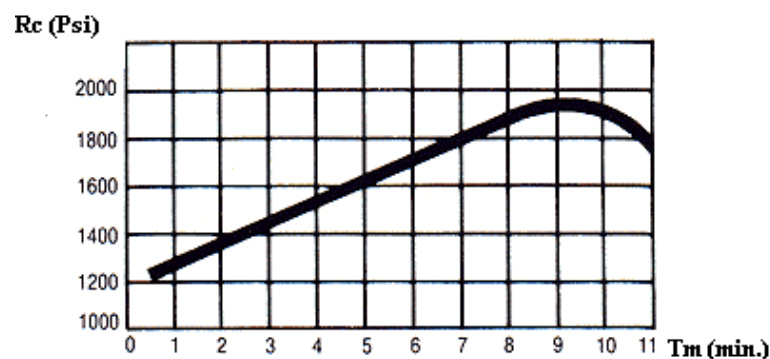


Figura N° 6: Tiempo de mezclado Tm (min) sobre la resistencia a compresión Rc (Psi)

Se demuestra en la figura N° 7, el efecto del tiempo de mezclado con el tiempo de fraguado en el yeso.

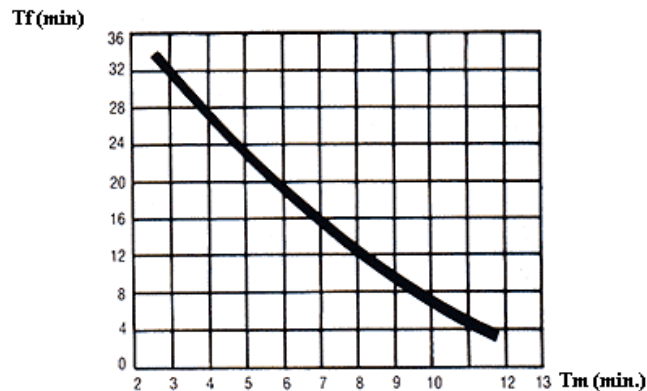


Figura N° 7: Tiempo de mezclado T_m (min) sobre el tiempo de fraguado T_f (min).

2.2.9. Tipos de yeso

a. Yeso grueso

Constituido por semihidrato ($\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{CaSO}_4 \text{ II}$). Se utiliza para pasta de agarre en la ejecución de tabicados, en revestimientos interiores y como conglomerante auxiliar de obra. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 20 kg/cm^2 . (Madrid, 2008)

El yeso grueso se obtiene por cocción del aljez entre 300 y 700°C . (Oviedo, 2005)



Figura N° 8: Uso de yeso grueso en revestimiento de muros.

b. Yeso fino

Constituido por semihidrato ($\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{CaSO}_4 \text{ II}$) con granulometría más fina que el yeso grueso. Se utiliza para enlucidos, refilos, blanqueos sobre revestimientos interiores (guarnecidos o enfoscados). La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 25 kg/cm^2 . (Madrid, 2008)



Figura N° 9: Yeso fino empleado en blanqueo sobre revestimientos interiores.

c. Yeso prefabricado

Constituido por semihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II artificial ($\text{CaSO}_4 \text{ II}$), con mayor pureza y resistencia que el yeso grueso y fino. Sirve para la ejecución de elementos prefabricados de tabiquería. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 30 kg/cm^2 . (Madrid, 2008)

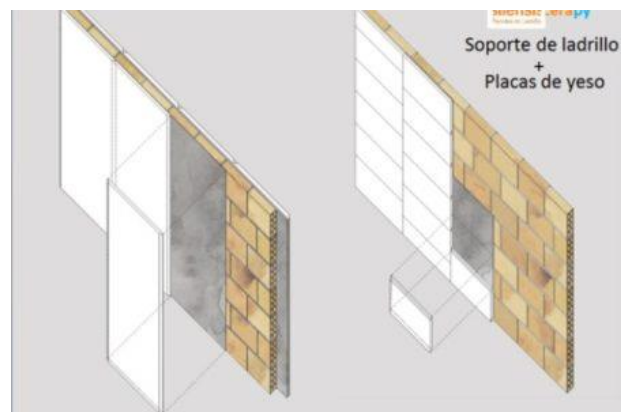


Figura N° 10: Yeso utilizado en la elaboración de elementos prefabricados.

d. Escayola (Escayola E30)

Constituida fundamentalmente por sulfato cálcico semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$). Se aplica en la ejecución de elementos prefabricados para techos y tabiques. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 30 kg/cm^2 . (Madrid, 2008)



Figura N° 11: Cielo raso elaborado con yeso como elemento prefabricado.

e. Escayola especial (Escayola E-35)

Constituida fundamentalmente por sulfato cálcico semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) con mayor pureza que la E-30. Se aplica en trabajos de decoración, ejecución de elementos prefabricados para techos, bovedillas y placas y paneles para tabiques. La resistencia mecánica a flexotracción deberá ser como mínimo de 35 kg/cm^2 . (Madrid, 2008)



Figura N° 12: Placas de yeso prefabricadas.

2.2.10. Usos y aplicación

a. En la albañilería

- Como aglomerante de morteros simple o compuestos.
- En la construcción de muros y paredes.
- En la construcción de tabiques y paneles.
- Para revoques, enlucidos y estucos diversos.
- Para aislamiento térmico y acústico de paredes y cielos rasos.
- Como defensas contra incendios. (Ecoingeniería, 2005)

b. En la prefabricación

- Elaboración de ladrillo y bloques.
- Fabricación de baldosines.
- Construcción de placas decorativas.
- En molde y vaciado.
- En elementos decorativos.
- En estructuras. (Ecoingeniería, 2005)

c. En forma industrial

- Como floculante en la industria cervecera.
- Como fijador de sustancias volátiles.
- Como retardador en la fabricación de cemento. (Ecoingeniería, 2005)

d. Medicinalmente

- Como férula para fracturas.
- En el moldeo de piezas dentales.
- En los moldes ortopédicos. (Ecoingeniería, 2005)

e. En la agricultura

- Para la corrección del pH y fijación del calcio.
- Para el tratamiento de aguas. (Ecoingeniería, 2005)

f. Uso de yeso en mampostería

- **Revocos:** El yeso mezclado con arena se emplea como revestimiento de paramentos en exterior. Sin embargo, no es recomendable el yeso para acabados exteriores por su solubilidad al agua pluvial.
- **Refuerzo de vanos y esquinas de muros:** El empleo del yeso como junta de apoyo, proporciona resistencia y remate en los puntos del paramento exterior más expuestos a las agresiones. Para los puntales, sirve como sujeción y mediador entre los cargaderos de madera al espesor del muro.
- **Mampostería de piedras de yeso + mortero de yeso:** Tiene la función de unir elementos, piedras o adobes en hiladas.
- **Tapial:** El tapial constituye un modo de levantar muros mediante el apelmazamiento de tierra encofrada a golpe de pisón. La tierra solía ser arcilla y gravilla (cascajo). Sin embargo, otro modo de consiste en un relleno del encofrado lechada de yeso fortalecida con piedras. El yeso acomete una función protagonista en ocasiones para esta tarea. Más frecuente es el uso de este material para atar los bloques encofrados (medida de 1'5 x 1 x 0'5 m.). Horizontalmente y entre pilar y pilar de refuerzo de esquina, estas porciones de muro apisonado se unen mediante una tirada de yeso cada 4 m. También puede emplearse para junta hiladas de piedra.
- **Mampostería de piedra caliza/ muro de adobe + mortero de yeso**

En mamposterías de piedra, se colocan más o menos hiladas de yeso en vez de barro. (Cuchillo, 2015)

2.2.11. Propiedades físicas del yeso

a. Granulometría

Se mide la distribución del tamaño de las partículas de yeso con la serie de tamices estándar. En los yesos finos regularmente hay un porcentaje considerable de material que pasa la malla N° 4 y un porcentaje mínimo en la malla N° 200. La muestra se debe secar a una temperatura de 40°C. (Ecoingeniería, 2005)

b. Tiempo de fraguado

El fenómeno de fraguado corresponde al entumecimiento o endurecimiento por cristalización de la pasta de yeso, cuya rapidez de desarrollo depende de la cantidad de agua empleada, del modo y el tiempo de mezclado, de la reactividad del yeso y de los modificadores utilizados. La reacción química de fraguado, va acompañada de una elevación de la temperatura y un ligero aumento de volumen. Nos indica el tiempo útil de la pasta de yeso y se mide con la aguja de Vicat convencional. El yeso se considera fraguado cuando la aguja no penetra más hacia el fondo de la pasta. Los tiempos de fraguado indican la velocidad de las reacciones químicas y varían para cada yeso. (Ecoingeniería, 2005)

c. Aislamiento térmico

En productos ligeros de yeso celular se alcanzan valores que suponen un extraordinario poder de aislamiento térmico, mientras que en yesos más densos se obtienen valores que lo sitúan en un buen puesto con respecto a otros materiales. Por otra parte, cuanto más lisa sea la superficie que presenten los revestimientos, menor será el coeficiente de fricción y mejor el aislamiento térmico. El yeso alisado, por tanto, tiene un buen coeficiente de fricción, siendo sólo superado por el cristal. El yeso a medida que su superficie es más blanca y brillante tiene menor coeficiente de absorción, de modo que podemos considerar que oscila entre un 20% y un 10% de la energía recibida. Debido a esto, si utilizamos el yeso en interiores, la absorción del calor por radiación proveniente de aparatos calefactores, será baja también, evitando fugas de calor. Por otra parte, se puede decir que el yeso es un material que garantiza un buen confort superficial, es decir, resulta confortable el tacto de su superficie ya que, tiene un bajo coeficiente de penetración térmica, comparativamente con otros materiales, previniendo además las condensaciones de agua. (Proinsa, 2008)

Tabla N° 1: Valores del coeficiente de penetración térmica (Yesos PROINSA)

Material	Coeficiente de penetración térmica (kcal/ h m ² °C)
Corcho	2.66/4.10
Madera	8.20/12.09
Hormigón celular	10.25/26.65
Yeso	2.25

Protección contra el fuego:

El yeso es un material incombustible, por tanto, no hay que contabilizarlo en absoluto al estudiar la carga de fuego de los edificios. Además, tiene una baja conductividad térmica, lo que evita la propagación del calor producido en los incendios y contiene agua libre y agua química necesitando consumir energía calorífica para evaporarla. El tiempo de protección de los materiales se expresa en minutos y se considera como el grado de resistencia al fuego. En la tabla N° 2, se presentan algunos valores de esta resistencia al fuego. (Madrid, 2008)

Tabla N° 2: Valores de protección contra el fuego (Universidad Politécnica de Madrid)

Tipo de partición, tabique de ladrillo	Resistencia al fuego (RF) (min)
Hueco de 4-6 cm, revestido con 1.5 cm de yeso por las dos caras.	90
Hueco de 8-10 cm, revestido con 1.5 cm de yeso por las dos caras	180
Hueco de 11-12 cm, revestido con 1.5 cm de yeso por las dos caras	240
Macizo de 11-12 cm, sin revestir	180
Hueco de 11-12 cm, revestido con 1.5 cm de yeso por las dos caras	240

2.2.12. Conservación y restauración patrimonio cultural

a. Conservación

Es el conjunto de actividades destinadas para salvaguardar, mantener y prolongar la permanencia de los objetos culturales, para así heredarlos a nuestros descendientes tal y como los observamos en la actualidad. (Monterroso, 2007)

Principios y objetivos de la conservación

- La conservación de las poblaciones o áreas urbanas históricas solo puede ser eficaz si se integra en una política coherente de desarrollo económico, social y si es tomada en consideración en el planteamiento territorial urbanístico a todos los niveles.

- Los valores a conservar son el carácter histórico de la población o del área urbana y todos aquellos elementos materiales y espirituales que determinan su imagen, especialmente:
- La forma urbana definida por la trama y el parcelario.
- La relación entre los diversos espacios urbanos, edificios, espacios verdes y libres.
- La forma y el aspecto de los edificios (interior y exterior), definidos a través de su estructura, volumen, estilo, escala, materiales, color y decoración.
- Las relaciones entre población o área urbana y su entorno, bien sea natural o creado por el hombre.
- Las diversas funciones adquiridas por la población o el área urbana en el curso de la historia.

Métodos e instrumentos de la conservación

El plan de conservación determinará los edificios o grupos de edificios que deben protegerse totalmente, conservar en ciertas condiciones, o los que, en circunstancias excepcionales, pueden destruirse, antes de realizar cualquier intervención se levantará un acta, rigurosamente documentada de las condiciones del área. El plan debe contar con la adhesión de los habitantes, en caso de que se careciera de un plan de conservación o éste estuviera en estudio, antes de la adopción del plan todas las actividades necesarias para la conservación deberán ajustarse a los principios y métodos de la presente Carta y de la de Venecia. Las nuevas funciones deben ser compatibles con el carácter, vocación y estructura de las poblaciones o áreas urbanas históricas. La adaptación de éstas a la vida contemporánea requiere unas cuidadas instalaciones de las redes de infraestructura y equipamientos de los servicios públicos, en el caso de ser necesaria la transformación de los edificios o la construcción de otros nuevos, toda agregación deberá respetar la organización espacial existente, particularmente su parcelario, volumen y escala, así como el carácter general impuesto por la calidad y el valor del conjunto de construcciones existentes. La introducción de elementos de carácter contemporáneo, siempre que no perturben la armonía del conjunto o, puede contribuir a su enriquecimiento. Para asegurar la participación activa e implicar a sus habitantes, se debe realizar un programa de información desde la edad escolar. Deberán facilitarse las acciones de las asociaciones para la conservación y adoptarse las medidas financieras apropiadas para asegurar la conservación y restauración, la conservación exige la formación especializada de los diferentes profesionales implicados. (Washington, 1987)

b. Restauración

Es el arte de salvaguardar la solidez y la forma histórica del monumento mediante operaciones y agregados que evidencian su actualidad y su finalidad programada,

teniendo como fin el conservar. Para este tipo de operación existen 4 intervenciones aceptadas y establecidas en la carta de Venecia en 1964, que son liberación, consolidación; reintegración e integración. Medio técnico de intervención a fin de mantener y transmitir al futuro del patrimonio cultural en toda su integridad. (Monterroso, 2007)

Principios de la restauración

- Reversibilidad: Pretende que toda intervención pueda ser fácilmente removible para que se pueda hacer una intervención contemporánea a tiempo.
- Preservar antes de restaurar: Ya que el proceso de restauración puede llegar a hacer un poco conflictivo respecto a diferentes criterios es mejor conservar.
- No falsificación en la intervención: Cuando sea necesario integrar o reintegrar algún tipo de elemento se debe evidenciar las partes originales del inmueble para no ocurrir en el hecho de falsificación de elementos.
- Integración al contexto.
- No alteración espacial o conceptual.
- La conservación como parte del soporte económico. (Monterroso, 2007)

Actividades de la restauración

- Liberación: Supresión o eliminación de elementos agregados sin valor cultural o natural que afecten a la conservación o impidan el conocimiento del objeto.
- Consolidación: Es la intervención que tiene como fin conservar o devolver, la estabilidad a las estructuras que acusan peligro de perder el patrimonio o que la han perdido en mayor o menor grado.
- Reintegración: Restitución en un sitio original de partes desmembradas del objeto para asegurar su conservación. A la restitución de elementos y materiales originales se denomina anastilosis.
- Integración: Aportación de elementos claramente nuevos y visibles para asegurar la conservación de objeto.
- Reestructuración: Es la intervención que tiene como fin estabilizar o aportar elementos nuevos para rigidizar el monumento y mantenerlo fuera de peligro de desplome.
- Adaptación, readecuación y acondicionamiento: Operación que tiene como fin adaptar un inmueble a las circunstancias actuales.
- Valorización: No es más que el resaltar los atributos de una edificación para que la población recuerde lo importante que es darse cuenta quienes fuimos, quienes somos y a dónde vamos. Es apreciar los valores de un objeto cultural, mediante acciones pedagógicas y de difusión, para conservar los objetos. (Monterroso, 2007)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la compresión, porosidad, densidad, fraguado y expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 3: Hipótesis general

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	EI espacio	EI tiempo
La influencia de los tipos y la relación agua/yeso mejoraría la compresión, porosidad, densidad, fraguado y expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	<ul style="list-style-type: none"> - Compresión - Densidad - Porosidad - Fraguado - Expansión 	Incrementa	Trujillo	2018

2.3.2. Hipótesis específica

- Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 4: Hipótesis específica para la compresión

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	EI espacio	EI tiempo
Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	Compresión	Incrementa	Trujillo	2018

- Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 5: Hipótesis específica para la porosidad

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	EI espacio	EI tiempo
Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	Porosidad	Incrementa	Trujillo	2018

- Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el aumento de la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 6: Hipótesis específica para la densidad

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el aumento la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	Densidad	Aumenta	Trujillo	2018

- Los tipos y la relación agua/yeso influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 7: Hipótesis específica para el fraguado

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Los tipos y la relación agua/yeso influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	Fraguado	Rapidez	Trujillo	2018

- Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Tabla N° 8: Hipótesis específica para la expansión

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Los tipos y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de yeso - Relación agua/yeso 	Expansión	Incrementa	Trujillo	2018

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable independiente

Factor A: Tipos de yesos

a1: Yeso J.C - Industrial

a1.1: Yeso de construcción J.C.

a1.2: Yeso cerámico J.C.

a2: Yeso Hades - Industrial

a2.1: Yeso de construcción Hades

a2.2: Yeso cerámico Hades

a3: Yeso de construcción Martell – Industrial

a4: Yeso artesanal I

a5: Yeso artesanal II

a6: Yeso artesanal III

Factor B: Relación agua/yeso

b1: $r\ a/y = 0.60$

b2: $r\ a/y = 0.70$

3.1.2. Variable dependiente

Factor C: Propiedades del yeso

c1: Físicos

Densidad (g/cm^3)

Porosidad (%)

Expansión (%)

Fraguado (min)

c2: Mecánicas

Resistencia a la compresión (kg/cm^2)

Tabla N° 9: Operacionalización de variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Fraguado	Proceso físico-químico que presenta el mortero cuando el aglomerante entra en contacto con el agua y pasa de un estado líquido a sólido en un tiempo determinado.	El tiempo de fraguado determina la manejabilidad o trabajabilidad de un mortero.	- Tiempo - Temperatura	- min - °C
Densidad	Es la concentración de la materia presente medida por la cantidad de masa en una unidad de volumen.	La densidad de un mortero define que tan compacto y pesado es éste según las características físicas de sus componentes.	- Volumen - Peso	- g/cm ³ - g
Expansión	Fenómeno que experimenta el mortero de aumentar ligeramente sus dimensiones durante su proceso de curado.	La expansión se muestra como el cambio volumétrico de las probetas cúbicas.	Dimensiones	- mm
Porosidad	Característica que genera espacios vacíos en la estructura interna del mortero.	La porosidad determina cuan permeable será el mortero frente a la humedad.	- Volumen - Densidad	- cm ³ - g/cm ³
Resistencia a la compresión	Capacidad máxima de resistir carga bajo presión.	Es un ensayo mecánico que establece el soporte máximo de carga al que está sometida una probeta.	- Área - Fuerza	- cm ² - Kg

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental bifactorial, en el diseño se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable independiente de interés.

Tabla N° 10: Matriz de diseño

b: Relación agua/yeso	a: Tipo de yeso								
		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
	b1	a1b1	a2b1	a3b1	a4b1	a5b1	a6b1	a7b1	a8b1
b2	a1b2	a2b2	a3b2	a4b2	a5b2	a6b2	a7b2	a8b2	

3.3. Unidad de estudio

Mortero de yeso.

3.4. Población

Tabla N° 11: Población de probetas cúbicas de yeso.

Relación a/y	Tipo de yeso	Ensayos				
		Porosidad	Densidad	Compresión	Fraguado	Expansión
0.60	J.C construcción	3	3	3	3	3
	J.C cerámico	3	3	3	3	3
	Hades construcción	3	3	3	3	3
	Hades cerámico	3	3	3	3	3
	Martell	3	3	3	3	3
	Artesanal I	3	3	3	3	3
	Artesanal II	3	3	3	3	3
	Artesanal III	3	3	3	3	3
0.70	J.C construcción	3	3	3	3	3
	J.C cerámico	3	3	3	3	3
	Hades construcción	3	3	3	3	3
	Hades cerámico	3	3	3	3	3
	Martell	3	3	3	3	3
	Artesanal I	3	3	3	3	3
	Artesanal II	3	3	3	3	3
	Artesanal III	3	3	3	3	3
Sub total de probetas cúbicas		48	48	48	48	48
Total de probetas cúbicas					240	

3.5. Muestra

El muestreo es de tipo no probabilístico por conveniencia, pues el número de muestras ha sido establecido por un estudio preliminar realizado. Conformado por mortero de yeso y agua. Para la obtención de materia prima se ubicaron ferreterías en diferentes lugares de la ciudad, de los cuales se cotizó los yesos industriales de las marcas J.C., Martell y Hades en la tienda comercial Sodimac Perú S.A.C y Promart respectivamente. Para la compra de los yesos artesanales, se ubicaron dos ferreterías en el distrito de Huanchaco y la última en el distrito de Trujillo; luego de la compra, el material fue trasladado al Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, donde se realizarían a cada yeso, los ensayos de evaluación (caracterización). El material se almacenó en baldes de plástico de capacidad de 20 litros. El agua que se utilizará es agua potable del Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte.

Se obtienen tres réplicas por ensayo del estudio preliminar, como en la investigación se tienen dos niveles de estudio:

- 8 tipos de yeso: J.C construcción, J.C. cerámico, Hades construcción, Hades cerámico, Martell, artesanal I, artesanal II, artesanal III.
- 2 relaciones agua/yeso: 0.60 y 0.70

$$n^{\circ} \text{ de muestra} = V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{ réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{ de muestra} = [(1 \times 8) \times (1 \times 2)] \times (1 \times 5) \times 3 = 240$$

$$n^{\circ} \text{ de ensayos} = [V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{ de ensayos}] \times N^{\circ} \text{ réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{ de ensayos} = [(1 \times 8) \times (1 \times 2) \times (1 \times 5) \times 5] \times 3 = 1200$$

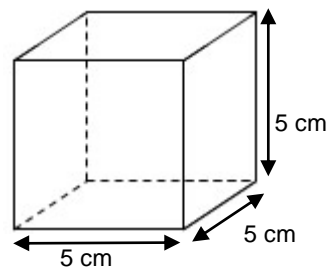


Figura N° 13: Muestra de probeta cúbica en estudio

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos.

Tabla N° 12: Técnicas para registro de datos de ensayos.

Técnicas	Instrumentos
Observación	Guías de observación
Análisis de datos	Gráficos estadísticos

- Utilizamos la técnica de observación porque de esa manera se hará la recolección de datos e información para prestar atención a los cambios en las probetas.
- Se optó por utilizar los gráficos estadísticos como método de análisis de la información recolectada pues de esa manera se comparará el comportamiento de las variables y permitirá hacer un análisis más detallado.

Guía de observación de probetas cúbicas de morteros de yeso, Trujillo 2018

Guía N°:

Autor: Briones Gatica, Elisa Zoraida

1. Datos informativos:

- 1.1. Ubicación:
- 1.2. Fecha de la observación:
- 1.3. Hora de la observación:

2. Datos específicos:

2.1. Relación agua/yeso:

- a) 0.60
- b) 0.70

2.2. Tipo de yeso:

- a) J.C. construcción
- b) J.C. cerámico
- c) Hades construcción
- d) Hades cerámico
- e) Martell
- f) Artesanal I
- g) Artesanal II
- h) Artesanal III

2.3. Tipo de deterioro:

- a) Grietas
- b) Fisuras
- c) Desmoronamiento
- e) otros

2.4. Consistencia

- a) Suave
- b) Blanda
- c) Dura

2.5. Tiempo de curado (días)

- a) De 0 a 7
- b) De 7 a 15
- c) De 15 a 21
- d) De 21 a 28

2.6. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.7. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.8. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.9. Causas de los deterioros:

- a) Poca dosificación de yeso
- b) Mucha dosificación de agua
- c) Mala compactación
- d) Otros

3.6.2. Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.2.1. Proceso experimental

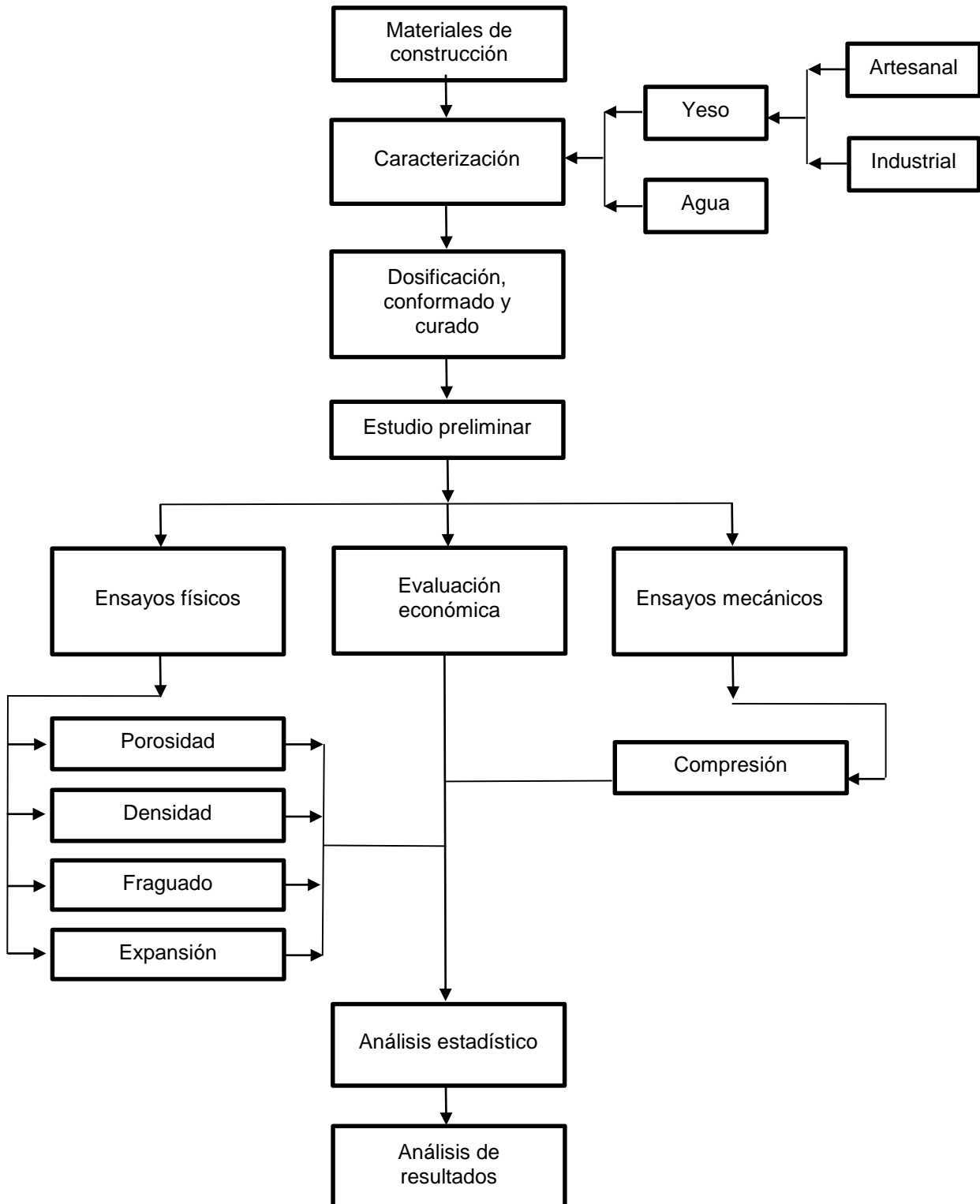


Figura N° 14: Procedimiento experimental

Caracterización de materia prima

Granulometría por lavado bajo la norma ASTM C 117

Se seleccionará la cantidad de muestra que se va a ensayar, para un material fino (yeso) será 300 gramos como mínimo. Se colocará la muestra en el tamiz N° 200 y bajo chorro de agua constante se lavará el material hasta liberarlo de impurezas presentes. Secar el material lavado en la estufa eléctrica por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110°C. Al cumplir las 24 horas dentro de la estufa, se retirará la muestra, luego se procederá a registrar del peso seco, se tomará nota de los tamices a emplear (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200), se registrará: el peso de cada tamiz, el número y su abertura. Se colocarán los tamices de forma descendiente, desde la abertura más gruesa hasta la más fina, en el fondo la malla ciega y en la parte superior la tapa. Se colocará la muestra sobre el tamiz superior, se zarandeará por un tiempo de 5 minutos. Luego se pesan los tamices y la bandeja para obtener las cantidades retenidas de la muestra, los pesos se deben registrar en una balanza con precisión de 0.1 gramo. Finalmente se anotan los pesos retenidos en cada tamiz y se limpian con una brocha, se tabulan y grafican, determinando así el análisis granulométrico por tamizado.

Tabla N° 13: Método de ensayo de análisis granulométrico.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Peso retenido (D)	% Retenido acumulado (E)	% que pasa (F)
3"	76.20				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.40				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
N° 4	4.75				
N°8	2.36				
N° 10	2.00				
N° 16	1.18				
N° 20	0.84				
N° 30	0.60				
N° 40	0.43				
N° 50	0.30				
N° 100	0.15				
N° 200	0.07				
Fondo					
Σ (B)					

- Porcentaje Peso Retenido (%) (D): $\text{Peso retenido (A)} - \text{sumatoria de peso retenido (B)} \times 100$
- Porcentaje Peso Retenido Acumulado (%) (E): $\% \text{ retenido } 1 (D1) + \% \text{ retenido } 2 (D2) + \dots$
- Porcentaje que pasa (%) (F): $100 - \% \text{ retenido acumulado (E)}$

Además, se tomará en cuenta el tamaño de la partícula de yeso ayudado del módulo de finura.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Contenido de humedad bajo la norma NTP 339.185

Pesar la tara (A) en la balanza electrónica con capacidad de 6000 gramos \pm 0.1 gramos. Se vierte el agregado en la tara y se pesa nuevamente (B) en la balanza eléctrica con una precisión de 0.1 gramos como establece la norma. Se coloca la muestra en la estufa eléctrica a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pasado ese periodo de tiempo se saca la muestra del horno (C) para obtener el porcentaje de humedad por cada muestra de material se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad (w\%)} = \left[\frac{B - C}{C - A} \right] \times 100$$

A: Peso del recipiente metálico (g)

B: Peso de la muestra húmeda en el recipiente metálico (g)

C: Peso de la muestra seca en el recipiente metálico (g)

Los datos obtenidos del ensayo se registrarán en la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Registro de datos de contenido de humedad.

Tipo de yeso	Muestra	A (g)	D (g)	B (g)	C (g)	%W	Promedio

Conductividad y nivel de pH bajo la norma NTP 339.088

Se seleccionará una cantidad de materia prima en una proporción de 4:1 (agua destilada: yeso). Colocar el agua destilada en vasos de precipitación y vaciar el yeso en la proporción indicada, luego, remover por un periodo de 5 minutos y dejar reposar. Se sumerge la sonda del conductímetro en la solución hasta que el lector del aparato se detenga aproximadamente de 3 a 5 segundos, tomar la lectura de los primeros datos con el conductímetro para determinar la conductividad. El procedimiento se debe repetir durante 3 días como mínimo, dejando reposar el material en el mismo líquido. El resultado está en las siguientes unidades: dS/m.

La conversión de microsimens/centímetro a decisimens/metro: $1000 \text{ uS/cm} = 1 \text{ dS/m}$

Para determinar el nivel de pH se usará otro equipo llamado pHmetro. Se sumerge la sonda del instrumento dentro de los vasos que contienen la solución y se espera que el pHmetro marque en su pantalla el nivel de pH. Se tomará los datos para tres muestras de una misma solución. Los datos obtenidos de los ensayos se registrarán en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Registro de datos de grado de pH y conductividad.

Tipo de yeso	Réplicas	pH	Promedio	Conductividad (dS/m)	Promedio (dS/m)

Determinación de la relación a/y, conformación y curado de probetas

a) Determinación de la relación a/y

Se vierte en un recipiente de vidrio 100 gramos de agua teniendo cuidado de no mojar la parte superior de las paredes del recipiente cilíndrico. Se determina la masa m_0 con una precisión de ± 0.5 g. el tiempo total para realizar el ensayo debe ser de (120 ± 5) segundos. Se espolvorea el yeso uniformemente sobre la superficie del agua, de forma que al cabo de 30 segundos la pasta de yeso haya alcanzado la primera marca y la segunda al cabo de 60 segundos. Se continúa espolvoreando yeso hasta que al cabo de (90 ± 10) segundos la pasta de yeso haya alcanzado unos 2 mm por debajo de la superficie del agua. Durante los 20 a 40 segundos posteriores, la cantidad de yeso espolvoreada en la superficie del agua y por los bordes del recipiente debe ser la suficiente para que la capa de agua desaparezca. Si aparecen pequeños grumos de yeso durante la operación, estos deberían haberse humectado al cabo de 3 a 5 segundos. Antes de pesar, se elimina el exceso de yeso de los bordes del recipiente de vidrio. Se determina la masa m_1 con una precisión de ± 0.5 gramos. Este ensayo se repite mínimo 2 veces. Se calcula el valor medio de la cantidad espolvoreada.

La relación agua/yeso viene dada por la expresión:

$$R = \frac{100}{m_1 - m_0}$$

Donde:

m_0 = Masa del vaso + la masa del agua, en gramos.

m_1 = masa del vaso + masa del agua + la masa del yeso, en gramos.

b) Conformación y curado de probetas.

Una vez obtenida la relación agua/yeso adecuada se procederá a la conformación de probetas cúbicas, con la ayuda de una espátula para rellenar los huecos y las esquinas, se debe pasar la pasta de yeso a los moldes previamente engrasados. Para eliminar la aparición de burbujas de aire, se debe elevar el molde 10 mm desde su extremo superior y dejarlo caer. Esta operación debe repetirse 5 veces. Todo el proceso de relleno de los moldes no debe superar los 10 minutos desde el comienzo del amasado y su superficie de debe ser alisada. Cuando la pasta haya fraguado debe eliminarse el material sobrante con una regla metálica o un cuchillo, mediante un movimiento de sierra. Se deben preparar de esta manera tres probetas como mínimo. Cuando la pasta haya adquirido el grado adecuado de resistencia, se deben desmoldar las probetas identificándolas. Las probetas deben mantenerse durante 30 días en la atmósfera de laboratorio.

Ensayos físicos

Porosidad y densidad ASTM C 373

Una vez que las probetas hayan alcanzado su peso constante se procederá a seguir los pasos del método de Arquímedes. Se colocará la probeta dentro de un recipiente con agua a temperatura ambiente de 24°C y se la dejará saturar todos sus poros por un lapso de 24 horas, la densidad del agua a esa temperatura es de 1g/cm³. Cumplido el tiempo, se retirará la probeta del recipiente y se procederá a tomar nota de su peso saturado (M) en gramos. Luego se llevará la probeta a la estufa eléctrica por un lapso de 24 horas. Una vez cumplido el tiempo, se retirará la probeta de la estufa y se procederá a registrar su peso seco (D). Se coloca el aparato de Arquímedes sobre una balanza, luego se sumerge la probeta en la cesta de Arquímedes y se registra su peso sumergido (S).

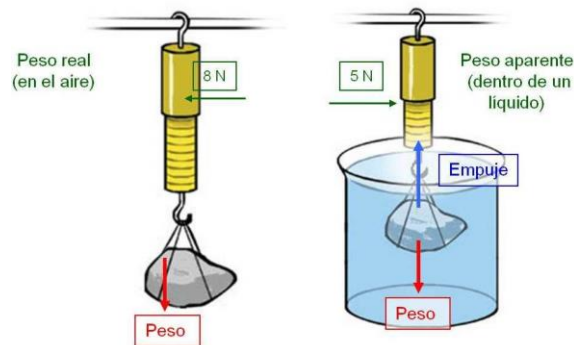


Figura N° 15: Esquema de método de Arquímedes

Los datos obtenidos del ensayo serán registrados en la siguiente tabla:

Tabla N° 16: Registro de datos para porosidad y densidad

Tipo de yeso	r a/y	Réplicas	Peso saturado, M (g)	Promedio (g)	Peso sumergido, S (g)	Promedio (g)	Peso seco, D (g)	Promedio (g)

- Finalmente se realizarán los siguientes cálculos:

$$\text{Densidad} = \frac{D}{V}$$

$$\text{Porosidad} = \frac{M - D}{V} \times 100$$

$$V = \frac{M - S}{\rho_{H_2O}}$$

Donde:

D= Peso seco (g) ; Densidad= (g/cm³)

M= Peso saturado (g) ; Porosidad= (%)

S= Peso sumergido (g) ; V= Volumen (cm³)

Expansión

Una vez hechas y desmoldadas las probetas cúbicas se procederá a llevar un control diario de sus dimensiones. Al terminar de desmoldar se registrarán sus dimensiones iniciales (Lo, Ao, Ho). Cuando ya las probetas hayan alcanzado un peso constante durante su tiempo de curado, se registrará las dimensiones finales de la probeta (Lf, Af, Hf).

Luego se procederá a realizar el siguiente cálculo:

$$\%E = \frac{V_f - V_o}{V_o} \times 100$$

$$V_o = L_o \times A_o \times H_o$$

$$V_f = L_f \times A_f \times H_f$$

Donde:

E= Expansión (%)

Vf= Volumen final (cm³)

Vo=Volumen inicial (cm³)

Tiempo de fraguado (aguja Vicat) bajo la norma UNE-EN 13279-2

El método de aguja Vicat tiene como principio determinar la profundidad de penetración de la aguja dentro de una pasta de yeso a medida que progresa el fraguado. Se utilizará un molde de caucho o de acero, se colocará este molde con su parte más ancha en contacto con una placa de vidrio. Debe amasarse el yeso según lo descrito en esta norma también. La pasta de yeso amasada se colocará dentro del molde, luego se elimina el exceso de material con una espátula plana en posición vertical mediante un movimiento de serrado. Se pone en contacto el cono con la superficie de la pasta soltando el dispositivo Vicat. Se debe abrir la barra guía utilizando el mecanismo de disparo. No debería transcurrir más de una vigésima parte de tiempo de principio de fraguado entre penetraciones sucesivas del cono. Se debe limpiar y secar el cono entre cada penetración y debería haber como mínimo distancias de 12 mm entre cada marca de penetración. Se anota el momento en que el cono penetra hasta la profundidad de (22±2) mm sobre la placa de vidrio.

Los datos obtenidos del ensayo serán registrados en la siguiente tabla:

Tabla N° 17: Registro de datos de ensayo de aguja Vicat

Tipo de Yeso:		r a/y:
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)

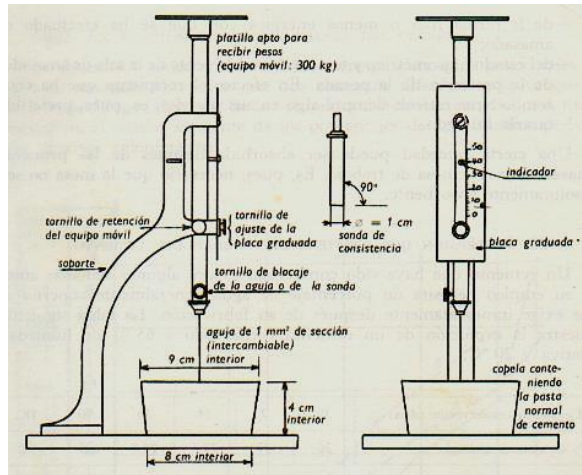


Figura N° 16: Aparato Vicat para ensayo de fraguado

Ensayos mecánicos

Resistencia a la compresión bajo la norma UNE-EN 13279-2

Cuando ya las probetas hayan alcanzado un peso constante se registrará las dimensiones finales de la probeta (Le, Af, Hf). Se colocará la probeta con sus caras laterales hacia arriba y hacia abajo entre los dos platos de acero de la presa de compresión, de forma que los lados de la probeta que estuvieron en contacto con las caras del molde estén en contacto con los platos de la prensa en una sección de 50 mm x 50 mm. Se permite inclinar el plato superior para establecer un contacto perfecto entre las caras de las probetas y los platos de la prensa. El eje de rotación del plato superior debe estar centrado sobre la superficie de la probeta sometida a compresión. La carga debe aplicarse sobre la probeta hasta su rotura. Para los resultados debe calcularse el valor promedio de 6 valores obtenido.

Los cálculos serán los siguientes:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

R_c= Resistencia a la compresión (kg/cm²)

F= Fuerza a la que fue sometida la probeta (kg)

A=Área de contacto de la probeta con los platos de la máquina compresora (cm²)

Los datos obtenidos del ensayo serán registrados en la siguiente tabla:

Tabla N° 18: Registro de datos de ensayo de compresión

r a/y	Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones (mm)			Área (mm ²)	Fuerza (kN)	Compresión (kg/cm ²)	Compresión promedio (kg/cm ²)
			largo	ancho	altura				

3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos.

En cuanto al análisis de los resultados obtenidos de la investigación primero se clasificará los datos obtenidos de los ensayos, luego se tabulará y graficará los resultados mediante la estadística, empleándose la media como la principal medida de tendencia central y las medidas de dispersión como la varianza, desviación estándar.

3.7.1. Media aritmética

Es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos (promedio).

Se suma todos los datos de cada ensayo por dosificación, así como lo indica la fórmula siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

3.7.2. Varianza

Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (media).

Para determinar la varianza de nuestros ensayos, se reemplaza los datos hallados de cada dosificación en la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

\bar{x} = Media Aritmética.

n = Tamaño de la muestra.

3.7.3. Desviación estándar

Es una medida de dispersión de variables, muy usada en trabajos de investigación. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar es necesario sacar la raíz a la varianza.

Los datos de la varianza de cada ensayo se reemplazan en la fórmula siguiente para determinar la desviación estándar:

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Dónde: $\sigma^2 = \text{Varianza}$

3.7.4. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se realizará mediante el software SPSS, es necesario identificar las variables dependientes e independientes para realizar el análisis mediante el siguiente procedimiento:

- Se ingresarán los datos de las variables identificadas en la vista de variables especificando la medida tipo escala para las variables dependientes que se van a analizar.

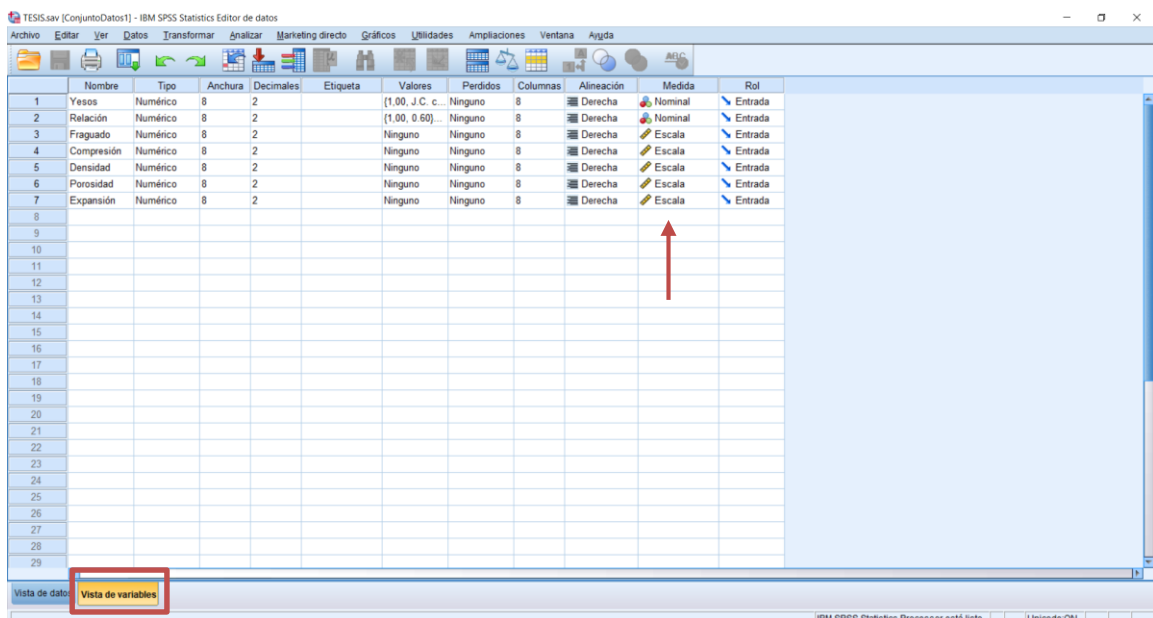


Figura N° 17: Ingreso de datos en SPSS.

- En la columna de valores se colocarán una especie de códigos para cada tipo de yeso y relación a/y.

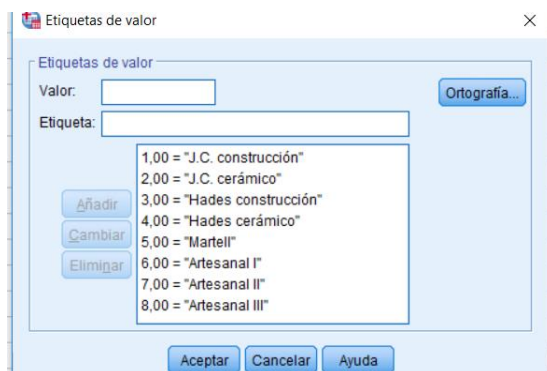


Figura N° 18: Ingreso de valores para yesos.

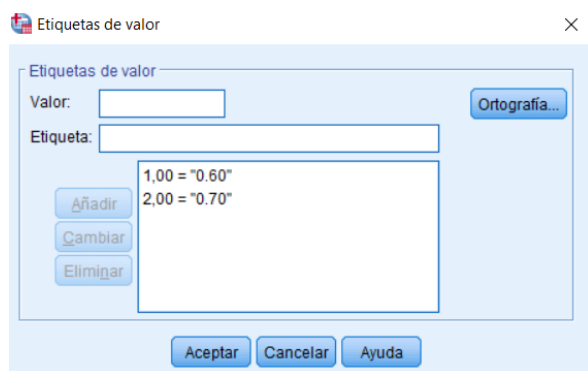


Figura N° 19: Valores para relación a/y.

- Luego se pasa a vista de datos y se ingresarán los códigos asignados para cada yeso de igual manera para la relación agua/yeso y en los ensayos se colocarán los resultados de la investigación.

	Yesos	Relación	Fraguado	Compresión	Densidad	Porosidad	Expansión	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1,00	1,00	30,00	47,00	1,06	43,00	3,76											
2	1,00	2,00	60,00	27,00	,97	46,00	4,28											
3	2,00	1,00	40,00	29,00	1,04	45,00	2,06											
4	2,00	2,00	36,00	22,00	,99	49,00	,19											
5	3,00	1,00	15,00	74,00	1,08	35,00	4,03											
6	3,00	2,00	10,00	67,00	1,05	38,00	5,07											
7	4,00	1,00	11,00	15,00	1,06	47,00	4,00											
8	4,00	2,00	39,00	11,00	,96	51,00	,35											
9	5,00	1,00	40,00	17,00	1,11	46,00	,05											
10	5,00	2,00	61,00	13,00	,94	50,00	-2,91											
11	6,00	1,00	27,00	15,00	1,04	44,00	4,53											
12	6,00	2,00	38,00	10,00	,95	49,00	1,50											
13	7,00	1,00	45,00	46,00	1,05	41,00	4,44											
14	7,00	2,00	65,00	30,00	,99	47,00	5,00											
15	8,00	1,00	26,00	16,00	1,05	45,00	3,25											
16	8,00	2,00	55,00	10,00	,92	49,00	1,22											
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		

Figura N° 20: Ingreso de valores en vista de datos.

- Para realizar la prueba de normalidad de una variable dependiente se sigue los siguientes pasos.

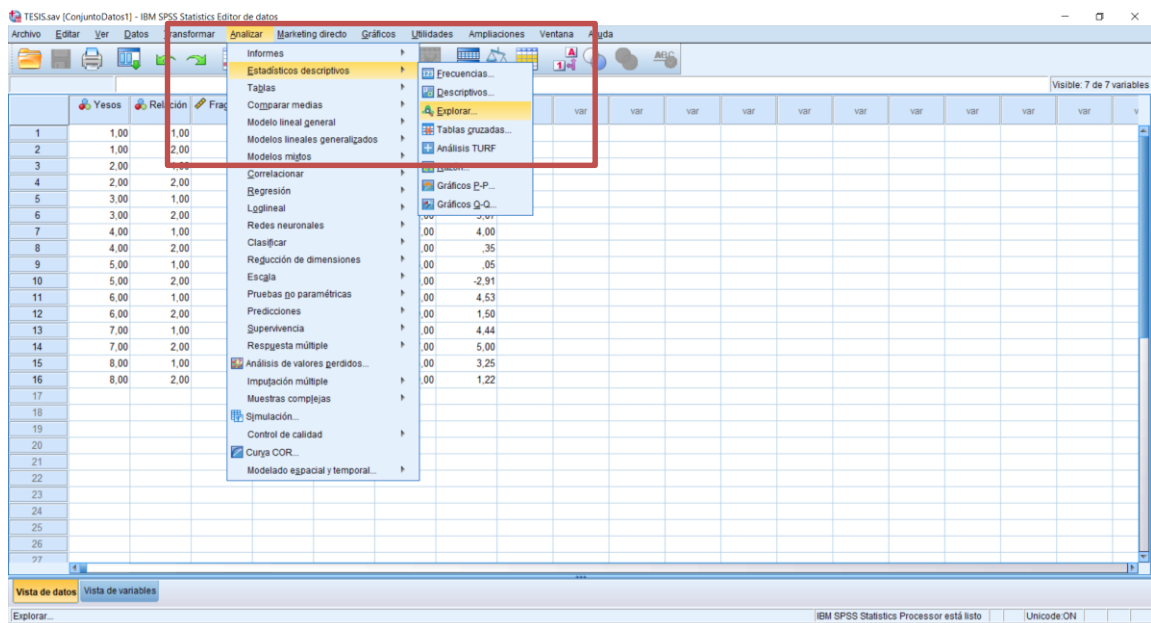


Figura N° 21: Pasos a seguir para realizar una prueba de normalidad.

- Luego de dar click en Explorar se obtiene la figura N° 22, donde en la cajilla de Lista de dependientes se colocará el ensayo a analizar y en la cajilla de factores se colocará las variables independientes que rigen al ensayo para luego dar click en Aceptar.

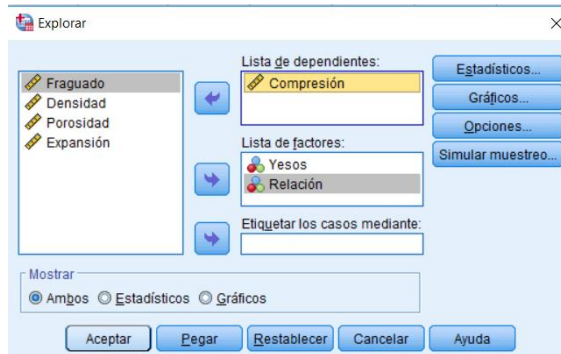


Figura N° 22: Proceso para analizar una variable dependiente.

- Para finalmente obtener la prueba de normalidad por el análisis de Shapiro Wilk, con una significancia mayor a 0.05 se concluye que la variable tiene un comportamiento normal.

Pruebas de normalidad

	Relación	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Compresión	0.60	,262	8	,112	,824	8	,051
	0.70	,247	8	,162	,755	8	,055

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 23: Resultado de la significancia por Shapiro Wilk.

3.7.5. Prueba de Fisher

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

A. Datos previos.

A.1. Grados de libertad

Grados de libertad de las variable tipos de yeso (A)

$$G.L. = a - 1$$

Grados de libertad de la variable relación a/y (B):

$$G.L. = b - 1$$

Grados de libertad de las variables (A) x (B)

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

Grados de libertad del error.

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

Donde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

r = número de réplicas.

A.2. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

A.3. Criterio de rechazo

La hipótesis alterna (H_1) se acepta si $F_0 > F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$

- F_0 se obtiene experimentalmente.
- $F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$ se obtiene mediante tablas estadísticas (tabla N° 70).

Donde:

n = número de niveles.

r = número de réplicas.

B. Análisis de varianza y F de Fisher.

B.1. Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{b \cdot r} - \frac{Y_T^2}{a \cdot b \cdot r}$$

Suma de cuadrados para el factor B.

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{a \cdot r} - \frac{Y_T^2}{a \cdot b \cdot r}$$

Suma de cuadrados subtotaes

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{r} - \frac{Y_T^2}{a \cdot b \cdot r}$$

Suma de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

B.2. Media de cuadrados

Media de cuadrados para el factor A.

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

Media de cuadrados para el factor B.

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

Media de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)

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

Media de cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(r - 1)}$$

B.3. F₀ experimental

F₀ (A).

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

F₀ (B).

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

F₀ (A x B)

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de yeso y agua

4.1.1. Caracterización física

Tabla N° 19: Caracterización física de yesos industriales y artesanales.

Ensayo	Norma	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III
Análisis granulométrico	ASTM C 117	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de finura		1.3	1.4	1.5	0.6	2.3	1.9	1.4	2.0
Humedad (%)	NTP 339.185	7.2	8.2	3.2	4.4	6.8	6.8	2.3	0.9

4.1.2. Características químicas

Tabla N° 20: Características químicas de yesos industriales y artesanales.

Ensayo	Norma	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	Agua
pH	ASTM C 1602	8	8	10	8	8	8	8	8	8
Conductividad (dS/m)	NTP 400.043	2.36	2.36	2.21	2.11	2.10	2.30	2.37	2.72	2.06

4.1.3. Análisis químico mineralógico DRX

Tabla N° 21: Composición del yeso Hades construcción y artesanal I

Nombre del mineral	Fórmula general	Hades construcción	Artesanal I	Composición teórica
Basanita	CaSO ₄ 0.5(H ₂ O)	43	60	81
Anhidrita	CaSO ₄	37	13	5
Calcita	CaCO ₃	9	-	1
Yeso	CaSO ₄ 2(H ₂ O)	5	24	-
Cuarzo	SiO ₂	2	<L.D	-
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	2	-	-

4.2. Relación agua /yeso

Tabla N° 22: Proporción de yeso y agua.

Relación a/y	Yeso (g)	Agua (g)	Porcentaje de agua (%)
0.60	1000	600	38
0.70	1000	700	41

4.3. Propiedades en estado fresco

4.3.1. Tiempo y temperatura de fraguado

Tabla N° 23: Tiempo de endurecimiento y temperatura máxima para yesos.

Tipo de yeso	Tiempo (min)		Temperatura °C	
	0.60	0.70	0.60	0.70
J.C construcción	30	60	23.0	22.2
J.C cerámico	36	40	21.6	22.4
Hades construcción	10	15	20.1	21.0
Hades cerámico	11	39	21.0	20.0
Martell	40	61	20.0	19.1
Artesanal I	27	38	19.9	18.7
Artesanal II	45	65	22.6	22.7
Artesanal III	26	55	26.5	26.1

4.4. Propiedades en estado endurecido

4.4.1. Porosidad

Tabla N° 24: Comportamiento de vacíos y control de calidad.

Tipo de yeso	r a/y	Porosidad (%)	Control de calidad	
			Varianza	Desviación estándar (%)
J.C construcción	0.60	43	22.0	4.7
	0.70	46	22.5	4.7
J.C cerámico	0.60	45	41.7	6.5
	0.70	49	28.9	5.4
Hades construcción	0.60	35	26.2	5.1
	0.70	38	23.4	4.8
Hades cerámico	0.60	47	19.5	4.4
	0.70	51	20.0	4.5
Martell	0.60	46	34.8	5.9
	0.70	50	28.7	5.4
Artesanal I	0.60	44	6.3	2.5
	0.70	49	13.7	3.7
Artesanal II	0.60	41	26.8	5.2
	0.70	47	33.2	5.8
Artesanal III	0.60	45	32.2	5.7
	0.70	49	38.7	6.2

4.4.2. Densidad global

Tabla N° 25: Media, varianza y desviación estándar para densidad global.

Tipo de yeso	r a/y	Promedio (g/cm ³)	Control de calidad	
			Varianza	Desviación estándar (g/cm ³)
J.C construcción	0.60	1.06	0.00	0.03
	0.70	0.97	0.00	0.03
J.C cerámico	0.60	1.04	0.00	0.01
	0.70	0.99	0.00	0.03
Hades construcción	0.60	1.08	0.00	0.01
	0.70	1.05	0.00	0.03
Hades cerámico	0.60	1.06	0.00	0.03
	0.70	0.96	0.00	0.02
Martell	0.60	1.11	0.00	0.02
	0.70	0.94	0.00	0.03
Artesanal I	0.60	1.04	0.00	0.03
	0.70	0.95	0.00	0.04
Artesanal II	0.60	1.05	0.00	0.05
	0.70	0.99	0.00	0.04
Artesanal III	0.60	1.05	0.00	0.03
	0.70	0.92	0.00	0.06

4.4.3. Compresión

Tabla N° 26: Capacidad de aplastamiento y control de calidad.

Tipo de yeso	r a/y	Resistencia (kg/cm ²)	Control de calidad	
			Varianza	Desviación estándar (kg/cm ²)
J.C construcción	0.60	47	24.1	4.9
	0.70	27	1.3	1.2
J.C cerámico	0.60	29	18.4	4.3
	0.70	22	0.3	0.6
Hades construcción	0.60	74	23.4	4.8
	0.70	67	38.0	6.2
Hades cerámico	0.60	15	4.0	2.0
	0.70	11	1.1	1.1
Martell	0.60	17	0.4	0.6
	0.70	13	1.4	1.2
Artesanal I	0.60	15	3.4	1.8
	0.70	10	0.0	0.2
Artesanal II	0.60	46	40.4	6.4
	0.70	30	2.4	1.6
Artesanal III	0.60	16	0.1	0.3
	0.70	10	0.2	0.5

4.4.4. Expansión

Tabla N° 27: Variación de volumen y control de calidad.

Tipo de yeso	r a/y	Expansión (%)	Control de calidad	
			Varianza	Desviación estándar (%)
J.C construcción	0.60	3.76	3.3	1.8
	0.70	4.28	0.1	0.3
J.C cerámico	0.60	2.06	2.1	1.5
	0.70	0.19	0.3	0.6
Hades construcción	0.60	4.03	0.9	1.0
	0.70	5.07	1.8	1.3
Hades cerámico	0.60	4.00	1.2	1.1
	0.70	0.35	0.6	0.7
Martell	0.60	0.05	0.2	0.5
	0.70	-2.91	0.1	0.4
Artesanal I	0.60	4.53	4.6	2.2
	0.70	1.50	7.3	2.7
Artesanal II	0.60	4.44	0.8	0.9
	0.70	5.00	0.4	0.6
Artesanal III	0.60	3.25	3.6	1.9
	0.70	1.22	0.3	0.6

4.5. Evaluación económica

Tabla N° 28: Costo unitario de elaboración de mortero por m².

	Elemento	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Costo por m ²
Mortero yeso	Yeso	Bls (18 kg)	1.10	12.00	13.20
	Agua	m ³	0.0139	5.00	0.07
Mortero cemento: arena	Cemento tipo I	Bls	0.1221	24.00	2.93
	Arena	m ³	0.0173	44.90	0.78
	Agua	m ³	0.0044	5.00	0.02

Tabla N° 29: Costo total de elaboración de mortero.

Tipo de mortero	Costo por m ² (S/.)
Yeso	13.30
Cemento:arena	3.70

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Edificaciones coloniales en Trujillo

El centro histórico de nuestra ciudad está rodeado de un ambiente colonial importante, casonas antiguas forman parte del patrimonio de nuestra ciudad, entre ellas la casa museo Mariscal Orbegoso, casa Urquiaga, Palacio Iturregui, Teatro Municipal, Palacio Episcopal, Casa de la Emancipación, las iglesias y las murallas que rodean el centro histórico se encuentran revestidas con mortero de yeso; dentro del proceso de conservación de éstas edificaciones se enfatiza el uso de materiales adecuados, en este caso el yeso. Las casonas están revestidas con mortero de yeso con el fin de evitar el desprendimiento del barro del muro y de esta manera mantener la integridad de la edificación.

Los materiales que son utilizados en estos procesos, son materiales que se pueden adquirir en el entorno local, tal es el caso del yeso estudiado en esta investigación.



Figura N° 24: Edificaciones coloniales del centro de Trujillo

5.2. Análisis químico mineralógico por difracción de rayos X (DRX)

El análisis químico lo realizó el laboratorio BizaLab con sede en Lima, mediante el análisis mineralógico de Difracción de Rayos X (DRX). Este análisis determina semicuantitativamente la composición de la muestra en estudio; se envió dos muestras al azar de los yesos de esta investigación: yeso Hades construcción y artesanal I.

Los diversos valores de la composición química de cada yeso se deben a factores netamente de su procesamiento, desde la forma de extracción del yeso como piedra, hasta el embazado; además tiene que ver mucho con la temperatura a la que es sometida para su calcinación, esto implica que, los hornos tradicionales en los que son calcinados los yesos artesanales no llevan necesariamente un control óptimo de la temperatura como sucede a diferencia de los hornos industriales que si llevan un control de cada proceso por el que pasa el yeso hasta ser embazado.

La calidad del yeso natural o procesado es valorada según su pureza y su comportamiento durante y después de su uso en la preparación de morteros, es por eso que es fundamental analizar las propiedades químicas del material utilizado en esta investigación.

En la figura N° 25 se muestra el difractograma del yeso artesanal I, mostrando el pico más alto en contenido de basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) con 60%, que no es otra cosa que el yeso semihidratado como componente principal, seguida por porcentajes menores de yeso dihidratado en 24% ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4) en 13%.

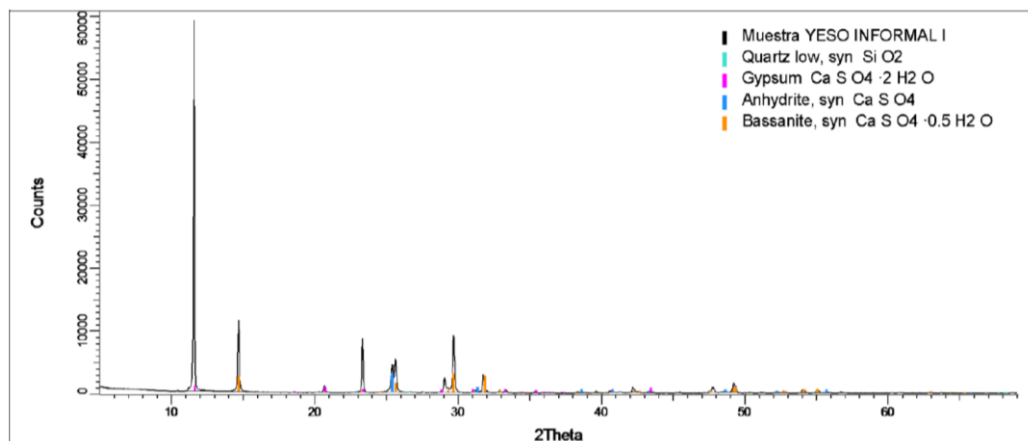


Figura N° 25: Difractograma de la muestra de yeso artesanal I

A diferencia de la primera muestra, en la figura N° 26 se muestra el difractograma del yeso Hades construcción, que muestra el pico más alto un 43% de basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) seguido por un 37% de anhidrita (CaSO_4), 24% más que la muestra de yeso artesanal I; además presenta un 9% de calcita (CaCO_3), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 5% y picos bajos de 2% en contenido de cuarzo (SiO_2) y dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

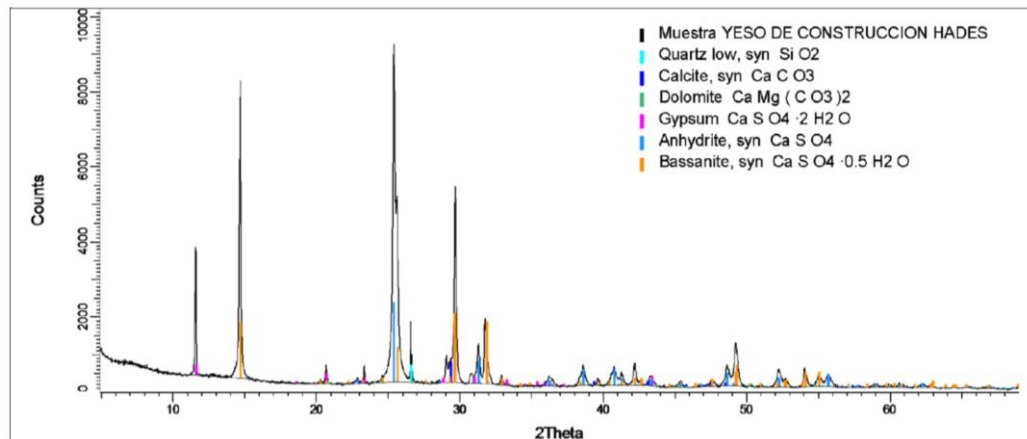


Figura N° 26: Difractograma de la muestra de yeso Hades construcción

El yeso que se utiliza para la construcción y revestimiento de paredes se obtiene de deshidratar el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y se transforma en basanita o también llamado sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$); lo que condiciona que aparezcan otras sales o minerales como la calcita (CaCO_3), halita (NaCl), cuarzo (SiO_2) o dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) en el contenido del material, es el origen y de donde provienen los yesos en general, es decir, de la precipitación de las sales a partir de soluciones acuosas saturadas, como la de los lagos o mares cerrados en áreas cálidas y desérticas como lo menciona (Granada, 2007)

Teóricamente el yeso contiene 81% de basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), 5% de anhidrita (CaSO_4) y 1% de calcita (CaCO_3) según la Universidad de Oviedo. Los yesos de esta investigación que han sido analizados por DRX tienen contenido de basanita muy por debajo del teórico, en el caso de la anhidrita presentan exceso de este componente, yeso Hades construcción con 24% más que el artesanal I, es decir se expandirá más que el yeso artesanal, además el yeso Hades construcción posee 8% más de calcita que el contenido teórico.

Las sales presentes en ambos yesos son la anhidrita (CaSO_4) que se caracteriza por ser soluble en el yeso, compuesto por azufre en 24%, calcio en 29% y oxígeno en 47%; la anhidrita tiene un sistema de cristalización ortorrómbico lo que ocasiona el fenómeno de expansión, tiene una apariencia vítreo-perlada de color blanco o en ocasiones incoloro, una dureza de 3 a 4 Mohs y su densidad de 3 g/cm^3 , por otro lado, la calcita (CaCO_3) que proviene de la carbonatación del agua teniendo un sistema de cristalización trigonal, sin embargo, no suele ser peligrosa en bajas concentraciones, descartando que por estas sales aparezcan eflorescencias futuras en el mortero, la calcita está compuesta por 12% de carbono, 40% de calcio, 48% de oxígeno y 60% de trióxido de carbono, tiene una apariencia vítrea de diversos colores como gris, amarillo, marrón, rojo y negro cuando tiene impurezas, con una dureza de 3 Mohs, densidad de 2.7 g/cm^3 y al igual que la anhidrita son frágiles.

Los minerales presentes en las muestras analizadas como el cuarzo (SiO_2) compuesto por 47% de silicio y 53% de oxígeno, tiene un sistema de cristalización trigonal de apariencia vítrea de color blanco, en ocasiones transparente y de color rosado, rojizo o negro, una dureza de 7 Mohs y densidad de 2.7 g/cm^3 , y la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) compuesto por 13% de carbono, 13% de magnesio, 22% de calcio,

52% de oxígeno y 65% de trióxido de azufre, al igual que el cuarzo tiene un sistema de cristalización trigonal de apariencia vítrea, de color blanco, rojizo o en ocasiones incoloro, tiene una dureza de 5 Mohs y una densidad de 2.9 g/cm^3 , estos minerales no afectarán en el mortero mientras se mantengan en bajas concentraciones, en este caso solo existe un 2% de estos.

Por otro lado, se identifica la presencia de yeso crudo ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en ambas muestras, 5% para Hades construcción y un 24% para el yeso artesanal I, esto evidencia claramente el poco o nada de control que lleva el proceso de fabricación del yeso, sobre todo el yeso artesanal, lo que se puede adquirir en una ferretería sería una mezcla de yeso calcinado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), yeso muy calcinado (CaSO_4), yeso crudo ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y además impurezas. Las fichas técnicas de los yesos que se comercializan en la ciudad no muestran a detalle el contenido del producto, Martell en su ficha técnica se limita a especificar que su producto tiene 89% de sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sin embargo, Hades no especifica ningún detalle de composición del yeso.

5.3. Caracterización de yesos industriales y artesanales

El comportamiento de las partículas de los yesos en estudio respecto a su granulometría es variado, si clasificamos los yesos en: yesos de construcción tenemos a yeso J.C, Hades, Martell, artesanal I, II y III; todos estos se caracterizan por tener sus partículas gruesas, material que al tacto se percibe granuloso, a diferencia de los yesos cerámicos: yeso J.C y Hades; estos se perciben al tacto como un material fino y suave.

De acuerdo al módulo de finura de los yesos en estudio, el que presenta un tamaño granulométrico más fino es el yeso Hades cerámico con un valor de 0.6, por el contrario, el yeso Martell tiene entre todos, el mayor tamaño granulométrico, con un módulo de finura de 2.3; esto se relaciona directamente con el proceso de fabricación en la etapa de molienda y tamizado, además del tipo de proceso industrial o artesanal. El uso que se le da al yeso en la construcción según el tamaño de su partícula está claramente diferenciado, por una parte, los yesos de construcción o yesos gruesos están relacionados a la preparación de morteros de junta en tabiquería de muros y revestimientos, los yesos cerámicos o yesos finos son aprovechados en elaboración de cerámica, enlucido. El tamaño de las partículas de yeso constituye parte importante en la mezcla del mortero, pues la velocidad de disolución del material depende mucho de la finura de la misma, es decir, mientras más gruesa la partícula el tiempo de disolución es mayor.

En la figura N° 27 se muestra la distribución de las partículas de los yesos en estudio según la curva granulométrica para cada uno, siendo los yesos finos los que su curva granulométrica tiende a ubicarse al lado derecho de la figura y para el lado izquierdo los yesos gruesos.

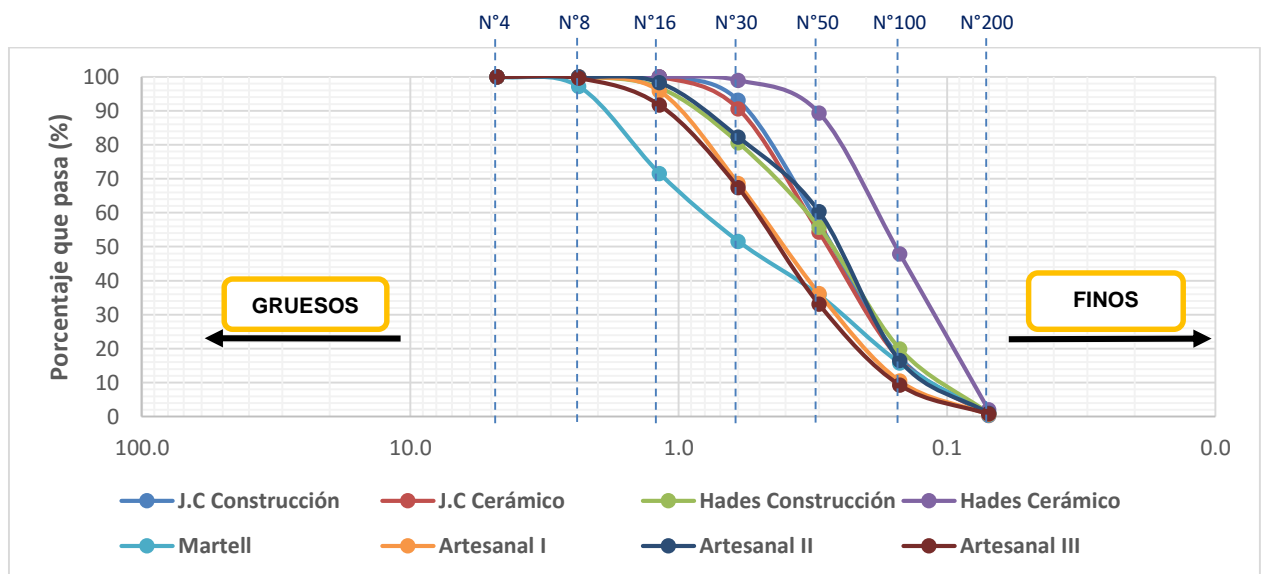


Figura N° 27: Curvas granulométricas de los yesos de la investigación.

Las 2 moléculas de agua que contiene el yeso en su forma natural como piedra de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), representan teóricamente un cuarto de su peso total, es decir 25% de agua, que, al final del proceso de calcinación a 120°C , el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se transforma en sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), que es el producto que se consigue en las ferreterías, conteniendo finalmente en sus partículas esta media molécula de agua que representa un 6.2% de humedad aproximadamente. (Oviedo, 2005)

El contenido de humedad de los yesos utilizados en esta investigación oscila entre 0.9% y 8.2%. Según un informe de ensayos de laboratorio realizados por la Universidad de Oviedo (España) el valor máximo para humedad en partículas de sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) es de 6.2%. El yeso J.C cerámico, construcción, artesanal I y Martell están ligeramente por encima de lo establecido en dicho informe, sin embargo, esto no influye en las propiedades del mortero. El control de temperatura en el proceso de cocción de la piedra de yeso influye en el contenido de humedad de las partículas de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), la Universidad de Oviedo (España) afirma que el sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) se obtiene de calcinar el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a 120°C , García, 1988, menciona que es de 100° a 120°C y otros mencionan que la temperatura es de 130 a 150°C .

El yeso se caracteriza por tener un pH neutro, según la norma UNE 102010 establece que el nivel de pH del yeso es 6 como mínimo. Para placas de yeso la norma limita el pH a 10, según esta referencia, el rango de pH de yeso se encuentra entre 6 y 10, es decir, neutro y básico son los niveles aceptables.

La figura N° 28 muestra que los yesos utilizados cumplen con el pH mínimo establecido, es decir, ninguna de las muestras es ácida, el nivel del pH es de 8 aproximadamente para todos los yesos tanto artesanales como industriales, se encuentran en un nivel básico teniendo como referencia la escala de pH que va de 0 a 14. Si los niveles son muy bajos estarían aumentando el riesgo de corrosión de metales en presencia de humedad, el desarrollo bacteriológico, enmohecimientos por hongos y aparición de manchas, es decir, el mortero cambia drásticamente sus propiedades afectando directamente en su resistencia y durabilidad.

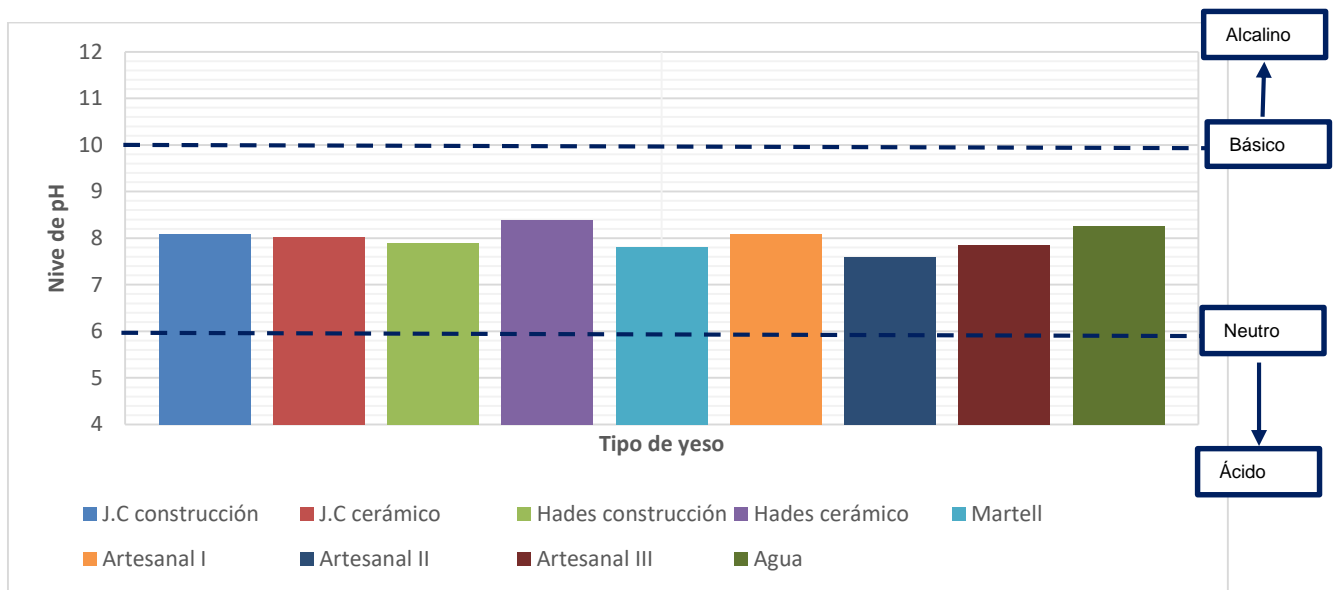


Figura N° 28: Nivel de pH de yesos.

Todo material puede ser un conductor de energía eléctrica, unos más que otros. El agua es por naturaleza un gran conductor eléctrico con un valor de 2 dS/m.

De acuerdo al nivel de salinidad de los materiales, el yeso se encuentra en un nivel salino ligero con un valor máximo de 2.72 dS/m y un mínimo de 2.10 dS/m; cabe resaltar que, tomando estos resultados como referencia, el yeso aumenta la tolerancia a la salinidad, es decir, en un ambiente expuesto a grandes cantidades de salinidad como zonas cercanas al mar, estos yesos se comportarían perfectamente disminuyendo la salinidad y manteniendo la integridad del mortero. Estos niveles de salinidad no generan ningún problema en el mortero por sus bajos valores, descartando la aparición de eflorescencias que puedan afectar a la durabilidad del mortero.

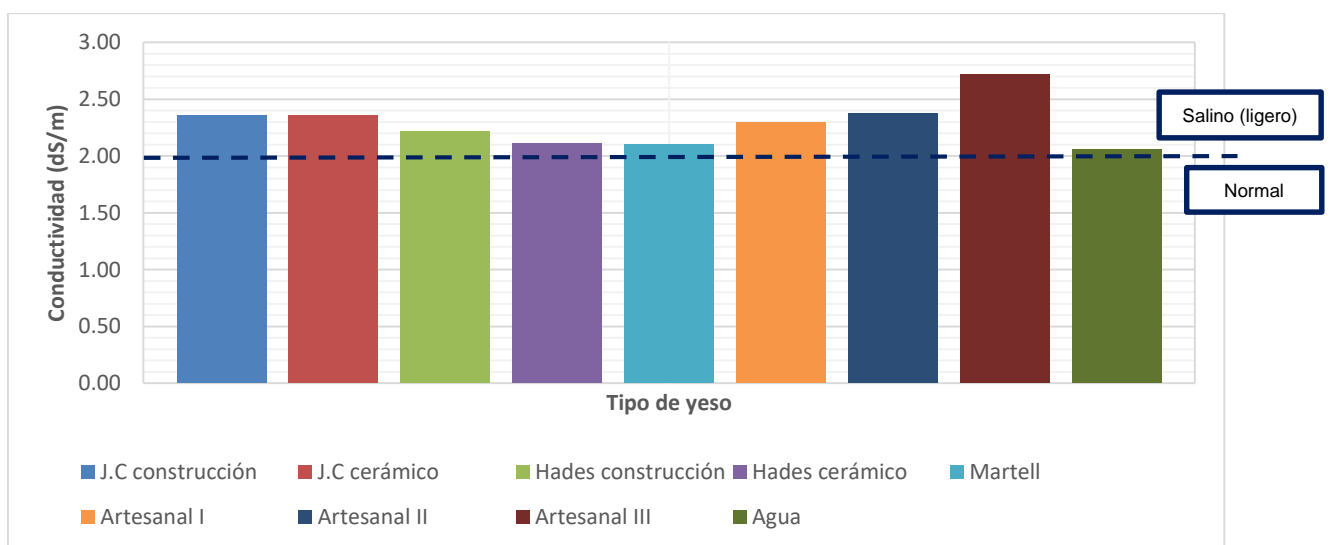


Figura N° 29: Conductividad eléctrica de yesos y agua.

5.3.1. Agua

El agua que se va a utilizar en la conformación del mortero debe garantizar que al mezclarse con el yeso cumpla perfectamente con la hidratación, sin alteraciones en el proceso de fraguado ni en su resistencia; por ende, debe estar libre de impurezas y cumplir con ciertos requisitos químicos.

En la evaluación de la calidad del agua se realizaron ensayos químicos bajo la norma NTP 339.088, obteniendo un pH de 8; es preciso resaltar que el agua utilizada para la conformación del mortero es almacenada en ciertas condiciones que permiten alterar el nivel de pH del agua, no obstante, el valor no se aleja mucho del límite permitido. De acuerdo a la conductividad eléctrica del agua, se obtuvo un valor de 2 dS/m, con estas características el agua es óptima para el uso en el mortero.

5.3.2. Relación agua/yeso

El mortero de esta investigación está conformado básicamente de agua y yeso. Para determinar la relación agua/yeso óptimo se realizó una prueba preliminar considerando que el mortero debería cumplir, un tiempo de fraguado, una mezcla trabajable en un tiempo razonable.

Si bien es cierto, la norma UNE- EN 13279-2 recomienda un método para determinar la relación agua/yeso, sin embargo, se optó por hacer pruebas en laboratorio que nos permitan determinar con exactitud la mejor relación agua/yeso para la investigación. De acuerdo a la humedad contenida en las partículas de yeso, la cantidad de agua necesaria para que el semihidrato ($\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) se rehidrate es por teoría 18.6%, sin embargo, en la práctica esto no es posible debido a que se busca que la mezcla sea pastosa y trabajable, es por eso que se añade mucha más agua que la cantidad necesaria. Se realizaron varios tanteos para encontrar la relación agua/yeso adecuada, llegando a obtener dos relaciones de 0.60 y 0.70, esto quiere decir que en la primera relación tiene un 38% de agua en la mezcla y por consiguiente en la segunda un 41% de agua.

Según estudios realizados por otros autores, el yeso se trabaja con una relación a/y de 0.60 y 0.70, lo que se confirmó en esta investigación, por otro lado, cabe resaltar que, si se le añade más agua al yeso, el mortero que se obtenga finalmente no alcance sus propiedades óptimas afectando en su resistencia mecánica y durabilidad; por el contrario, si no se le añade más de lo necesario, el mortero no será una mezcla trabajable, haciendo que el material endurezca rápido.

5.4. Propiedades en estado fresco

5.4.1. Tiempo de fraguado

El momento en que el yeso entra en contacto con el agua inicia el proceso de hidratación del yeso, quiere decir que ocurre un fenómeno físico de sobresaturación de las partículas de yeso y que además se evidencia una reacción exotérmica. Este proceso de hidratación da inicio cuando las partículas de sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) se disuelven y a continuación la mezcla pasa de un estado líquido a una fase plástica, fase en el que el yeso se encuentra en condiciones de ser trabajado, para luego pasar por un proceso de cristalización, de manera que, los cristales formados en la

microestructura del yeso se entrelazan logrando que la pasta se consolide y termine por endurecer; es decir, pasa a un estado sólido; siendo este finalmente sulfato de calcio rehidratado. En la siguiente figura se muestran los cristales de yeso formados en el proceso de hidratación.

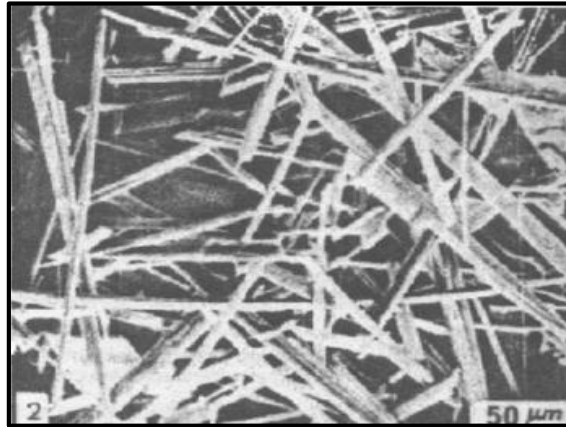


Figura N° 30: Cristales formados por hidratación de yeso (Universidad de Alicante)

El tiempo de fraguado de los yesos de la investigación se determinaron mediante el ensayo de aguja Vicat bajo la norma UNE-E 13279-2. Paralelo a la toma de datos del aparato Vicat también se optó por considerar la temperatura a la que la pasta de yeso alcanza en todo el proceso de hidratación.

En la figura N° 31 se puede apreciar el tiempo de fraguado para cada muestra de yeso que se utilizó por cada relación agua/yeso establecida. Se evidenció que, a menor porcentaje de agua en la pasta, el tiempo de fraguado suele ser inmediato, pues en una relación agua /yeso de 0.60 el yeso que fraguó más rápido es el yeso Hades construcción con un aproximado de 10 minutos, en general es el yeso que fragua más rápido entre todos. Cabe resaltar que un influyente en el tiempo de fraguado es el contenido de anhidrita soluble (CaSO_4), una disgregación de la deshidratación de la piedra de yeso y que se caracteriza por su rápido tiempo de fraguado. Según el análisis de difracción de rayos X al yeso Hades construcción y artesanal I, el que tiene mayor contenido de anhidrita es el yeso Hades construcción a diferencia del artesanal I (Ver tabla N° 21), esto se confirma en los resultados del ensayo de aguja Vicat, el yeso Hades construcción en ambas relaciones agua/yeso fragua más rápido que el artesanal I.

Otro dato que influye en el tiempo de fraguado es la temperatura del agua de mezclado (Ver figura N° 6), la temperatura del agua en la investigación es de 22°C (71.6°F), analizando la figura mencionada, el yeso debe fraguar en aproximadamente 17.5 minutos, las muestras que están bajo esta condición son el yeso Hades construcción y cerámico, sin embargo, esto puede variar de acuerdo a otras circunstancias; además si se requiere que la mezcla se encuentre fluida por mucho tiempo, la mezcla debe mantenerse por encima de los 60°C .

Por otro lado, el tiempo de mezclado de la pasta cumple un rol importante sobre el fraguado (Ver figura N° 8); en esta investigación el tiempo de mezclado fue de 30 segundos aproximadamente, según la figura N° 8 el tiempo de fraguado sobre pasa los 36 minutos, el comportamiento de 7 de las 8 muestras

de yeso respaldan lo mostrado en la figura; si se requiere un fraguado más rápido se tendría que mezclar la pasta por mucho más tiempo.

La ficha técnica del yeso Martell (anexo N° 3) menciona que bajo una relación a/y de 0.60, el producto estaría fraguando en 29 minutos, lo que no corresponde, en esta investigación se demuestra que este producto fragua en 40 minutos bajo esa relación a/y, lo mismo ocurre con el yeso Hades cerámico que en su ficha técnica (anexo N° 2) menciona que estaría fraguando en 30 minutos, sin embargo, bajo una relación a/y 0.60 este yeso fragua bastante rápido y en la relación 0.70 se tarda 9 minutos más de lo certificado en su ficha.

Con respecto a la reacción exotérmica de la pasta de yeso, se evidenció que durante el proceso de fraguado la temperatura tiende a subir y en algunos casos disminuir en aproximadamente 2°C para luego mantenerse constante, es ahí cuando la pasta finalmente pasa a un estado rígido terminando su fraguado y dejando de ser una mezcla trabajable.

El uso del yeso en morteros para revestimiento implica tener un control de la consistencia de la pasta para manejar un rango de tiempo de aplicación de este mortero sobre una superficie, debido a que el yeso se caracteriza por ser una material de fraguado muy rápido lo ideal sería que en campo se trabaje con relaciones agua/yeso altas, es decir hay que agregarle más agua para mantener la mezcla fluida y nos permita aprovechar el mortero al máximo antes que esta pasta empiece la formación de grumos como parte de su endurecimiento; se considera que el tiempo de aplicación que brinda el mortero de yeso en esta investigación bajo una relación 0.70 es la más adecuada para aplicarla en revestimientos con un tiempo aproximado que oscila entre 10 a 20 minutos, por ende con una relación a/y 0.60 el mortero va a endurecer más rápido y generaría la pérdida del material, bajo esta relación agua/yeso el tiempo de aplicación oscila entre 4 a 8 minutos aproximadamente.

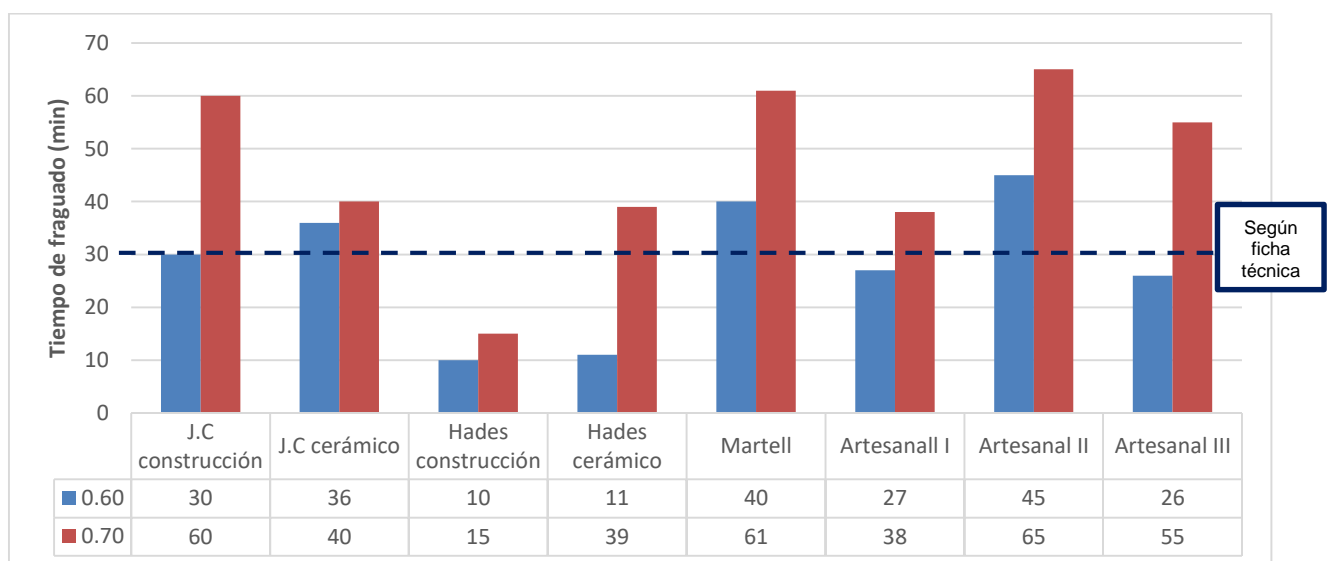


Figura N° 31: Fraguado de yesos mediante aguja Vicat.

5.5. Propiedades en estado endurecido

5.5.1. Porosidad

Anteriormente se ha mencionado que el yeso solo necesita un 18.6% de agua para rehidratarse y que en las relaciones agua/yeso se han utilizado 38% y 41% de agua para la relación 0.60 y 0.70 respectivamente, esto quiere decir que hay un 19.4% y 22.4% de exceso de agua física que el yeso ya no necesita para su rehidratación, este exceso de agua va a evaporarse poco a poco durante el fraguado y secado del mortero e irá dejando espacios vacíos en la microestructura de la probeta creando poros capilares; los morteros de esta investigación han mostrado presencia de poros tanto abiertos como cerrados. Una microestructura porosa y con baja cohesión de sus partículas puede poner en contacto el interior del mortero con el exterior, puede además ser el medio de transporte de todo tipo de fluido, principalmente agua y que ello puede actuar de forma directa en su degradación tanto física como química, el mortero puede ser vulnerable al ataque de agentes agresivos y a consecuencia de esto podría presentar diversas patologías relacionadas con la humedad acortando el tiempo de vida útil del material y afectando su durabilidad.

La universidad de Oviedo (España) establece que para una relación agua/yeso de 0.60, la porosidad no debe exceder el 48%, y para una relación de 0.70 un 54% como se muestra en la figura N° 32. La porosidad de los yesos de esta investigación está por debajo de lo establecido, se evidencia también que el agua de amasado influye en la compacidad del mortero, esto quiere decir que, la relación agua/yeso es directamente proporcional al porcentaje de poros e inversamente proporcional a la compacidad del mortero, mientras más agua se le adicione a la mezcla, mayor será la porosidad pero la compacidad irá disminuyendo, en esta investigación para una relación a/y 0.60 tenemos una compacidad de 53% y para la relación 0.70 un 46%.

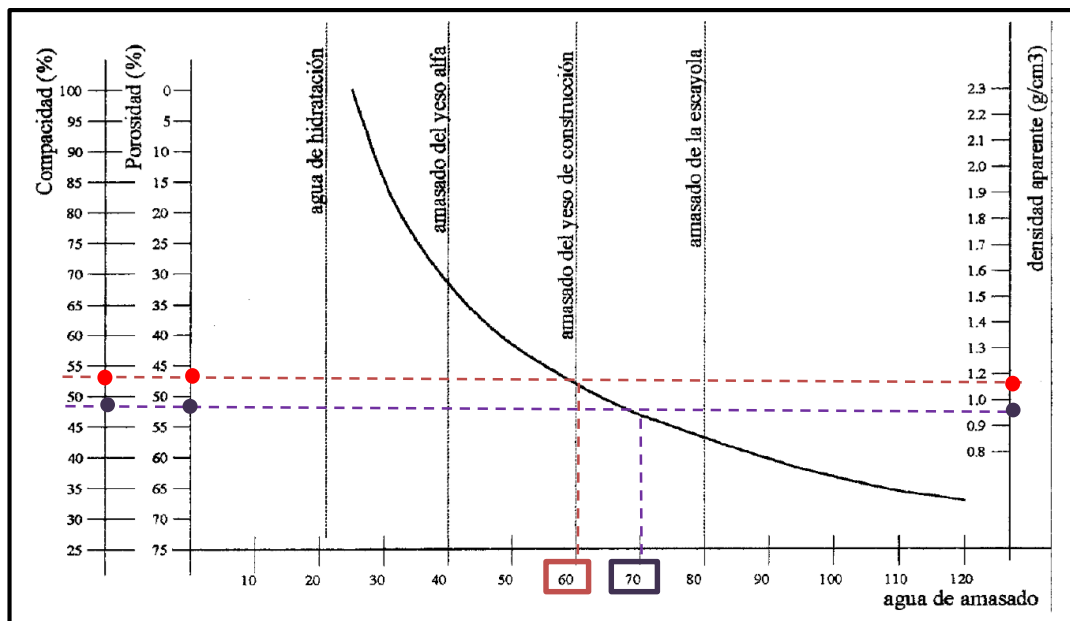


Figura N° 32: Relación entre la porosidad, densidad y agua de amasado (Oviedo, 2005).

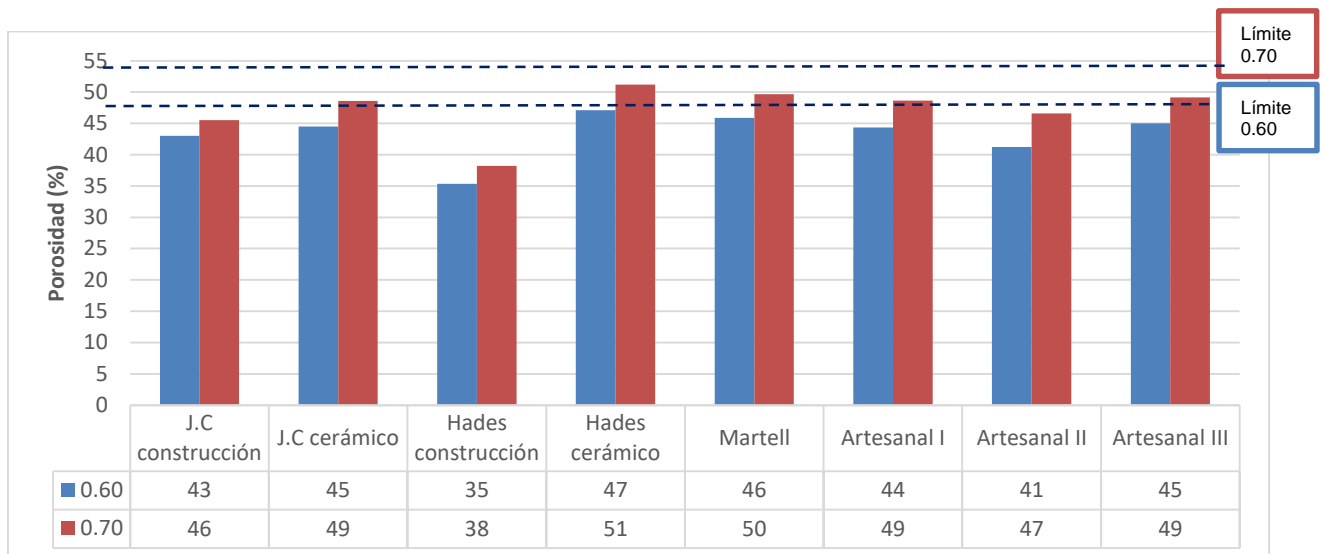


Figura N° 33: Porosidad para cada yeso.

Alejandre, F 2002 dice que un mortero es considerado de baja calidad cuando su porosidad es mayor a 25% de su volumen total; tal es el caso de todos los yesos de esta investigación que presentan valores altos, sin embargo, esta característica que podría ser una desventaja del yeso es aprovechado para construcciones que necesitan de aislamiento térmico y acústico debido a que el yeso va a impedir con su microestructura porosa la transmisión del calor y/o el sonido, esta propiedad del yeso puede ser aprovechada en el acondicionamiento térmico y acústico de locales además que contribuye con la resistencia al fuego.

5.5.2. Densidad

Si bien el yeso como piedra o como materia prima por teoría tiene una densidad de 2.3 a 2.4 g/cm³, cuando se encuentra endurecido como mortero presenta valores menores evidenciando la influencia de la relación agua/yeso. La densidad del mortero está relacionada con los materiales que integran la mezcla, en este caso, exclusivamente del yeso y agua, a medida que asciende la relación agua/yeso, el mortero será menos consistente y de baja densidad.

El ensayo de densidad es quizás uno de los más importantes por tratarse de morteros para conservación debido que para trabajos de conservación de edificaciones patrimoniales se requiere de morteros livianos que no incrementen el peso estructural de la edificación con el fin de mantener la originalidad del edificio tanto en su estructura como en la arquitectura del mismo. Se considera un mortero liviano cuando este posee una densidad menor o igual a 1.3 g/cm³, por ende, el yeso es una excelente alternativa para revestimiento de este tipo de edificaciones por su baja densidad teórica y experimental. El resultado de este ensayo de densidad por saturación de agua ha evidenciado cuán denso es el mortero elaborado con diferentes yesos obtenidos dentro de la localidad, en la figura N° 34 se muestra la densidad obtenida para cada mortero de yeso en las dos relaciones a/y trabajadas.

A medida que se va incrementando la relación agua/yeso la densidad del mortero irá disminuyendo que finalmente es esto lo que se busca en campo, la norma da parámetros para cada tipo de yeso, en este

caso se toma en cuenta los rangos de yeso de construcción que los valores son de 1.1 g/cm^3 para una relación 0.60 y de 0.95 g/cm^3 para una relación a/y de 0.70.

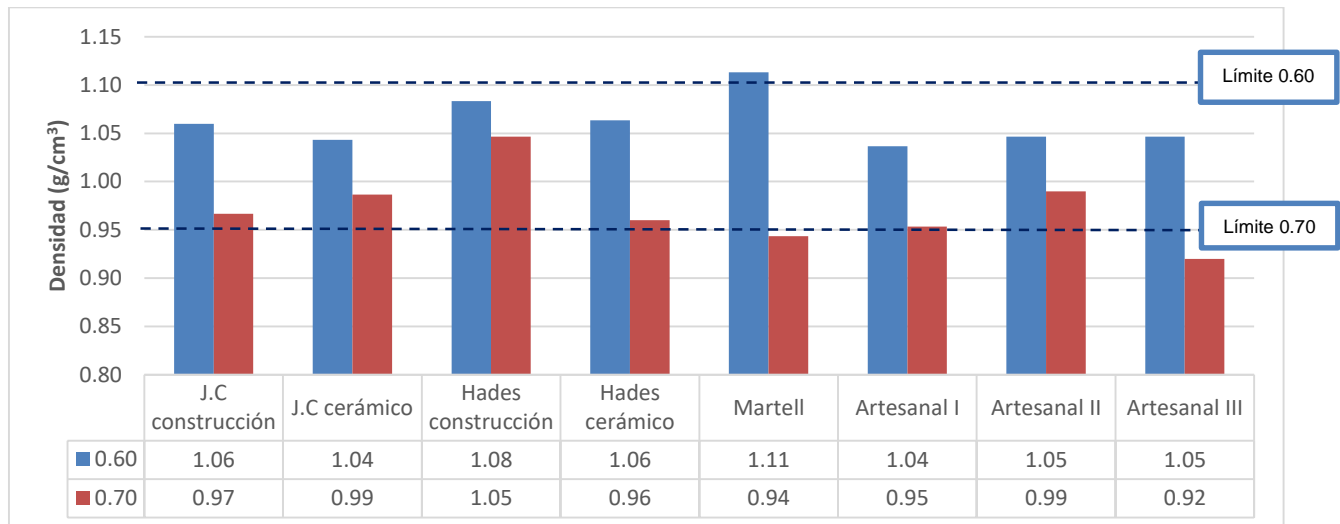


Figura N° 34: Densidad de mortero de yeso.

Se puede apreciar que los valores de densidad son menores bajo la relación agua/yeso 0.70 demostrando la influencia de la cantidad de agua utilizada, de los yesos utilizados en la conformación de morteros se obtuvieron resultados que se ajustan a lo establecido, garantizando el buen desempeño de cada yeso utilizado. El yeso Martell en la relación 0.60 presenta la mayor densidad con 1.11 g/cm^3 y el yeso artesanal III presenta la menor densidad en una relación 0.70 con 0.92 g/cm^3 , con estos resultados podemos decir que en procesos de revestimiento no causaría ningún aumento de carga en las edificaciones debido a los bajos valores presentados. Para fines de revestimiento se tomaría en cuenta los resultados obtenidos bajo una relación agua/yeso de 0.70 por su baja densidad.

5.5.3. Compresión

Para el ensayo de resistencia a la compresión ha sido necesario el curado de las probetas a temperatura ambiente ($24 \pm 1^\circ\text{C}$) por aproximadamente 28 días.

La resistencia a la compresión varía dentro de límites muy amplios según la calidad del yeso y las condiciones de empleo. Para el yeso secado al aire se puede admitir de 4 a 20 kg/cm^2 a las tres horas. De 8 a 40 kg/cm^2 a los dos días y de 20 a 80 kg/cm^2 a los 28 días de curado. (Galabru, 1964)

La resistencia de cada yeso dependerá mucho de cómo se formaron los cristales de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de calcio rehidratado) de la microestructura durante el proceso de hidratación, dependerá de la cantidad de agua utilizada para la mezcla, es decir la relación agua/yeso, también de su porosidad, compacidad, densidad y las condiciones del ambiente de curado. Otra influyente en la resistencia mecánica, es el tiempo de mezclado de la pasta (ver figura N° 6), el tiempo de mezclado para la preparación de pasta de mortero de todos los yesos de la investigación fue aproximadamente de 30 segundos, es decir, por teoría la resistencia máxima de los morteros de yeso debería encontrarse en aproximadamente 84 kg/cm^2 ; por otro lado, la norma COVENIN 3638:2000 (Venezuela) admite una

resistencia de 77 kg/cm² para un yeso de construcción como los que se ha utilizado en esta investigación. La figura N° 35 muestra los resultados del ensayo de compresión a las probetas cúbicas para cada yeso, el yeso Hades construcción en la relación a/y 0.60 tiene el valor más alto con 74 kg/cm² y en la relación 0.70 también obtiene el más alto con 67 kg/cm², los valores más bajos lo obtienen los yesos artesanales y el Hades cerámico entre 10 a 16 kg/cm²; como se mencionó anteriormente, la porosidad influye sobre la resistencia mecánica, esto queda demostrado, pues el yeso Hades construcción presenta la porosidad más baja entre todos las muestras y por el contrario también se evidencia que el alto porcentaje de poros presentes en la microestructura del yeso Hades cerámico lo convierte en un mortero de baja resistencia al igual que el yeso artesanal I.

La finalidad de este ensayo va más por el tema de evaluar cuán duro es el mortero elaborado con los yesos que se comercializan en la ciudad, pues el mortero no estará sometido a ningún tipo de carga cuando se aplique en la superficie que se quiera revestir debido a que se tratan de superficies verticales como muros, parapetos, derrames de vanos tanto puertas como ventanas y están también los techos o cielos rasos que tampoco estarán sometidos a cargas. La importancia de tener un mortero de baja resistencia también recae en conservar el mortero original, en determinadas situaciones si vuelve a moverse la grieta, se produzca la rotura en el mortero de restauración y no en el mortero original.

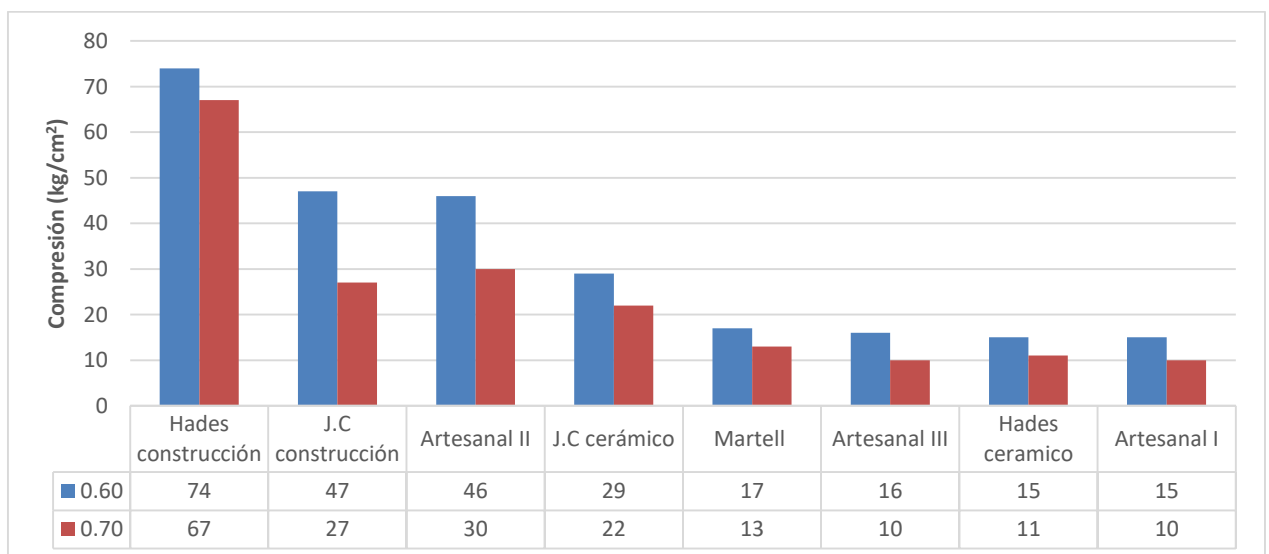


Figura N° 35: Resistencia a la compresión de yesos.

5.5.4. Expansión

La formación del dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) por cristalización va acompañada de una expansión de volumen denominada expansión de fraguado. En esto se diferencia el yeso y la escayola de otros conglomerantes como la cal y el cemento que experimentan una retracción de volumen al fraguar. Durante el proceso inicial de fraguado aparece una retracción temprana debida a la formación del dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que queda compensada por el rápido crecimiento de los cristales que comienza poco después. También hay otra retracción debida al secado del agua sobrante, hasta que se alcanza la humedad de equilibrio, que también queda compensada con la mayor expansión. (Oviedo, 2005)

El comportamiento del yeso en tabiquería es reconocido porque gracias a la expansión mejora la estabilidad de la tabiquería cuando es utilizada como material de agarre. (Oviedo, 2005)

La universidad de Oviedo menciona que el yeso tiende a expandirse un 2.5% como máximo y este cambio va a depender de su composición química siendo la anhidrita el componente responsable de la expansión del yeso, entonces se puede comprender los resultados de cada mortero de esta investigación pues según el análisis de difracción por rayos X la muestra con alto contenido de anhidrita es el yeso Hades construcción, por ende, se deduce que es el que más se expande.

La siguiente figura muestra los porcentajes de cambio volumétrico de cada yeso de esta investigación.

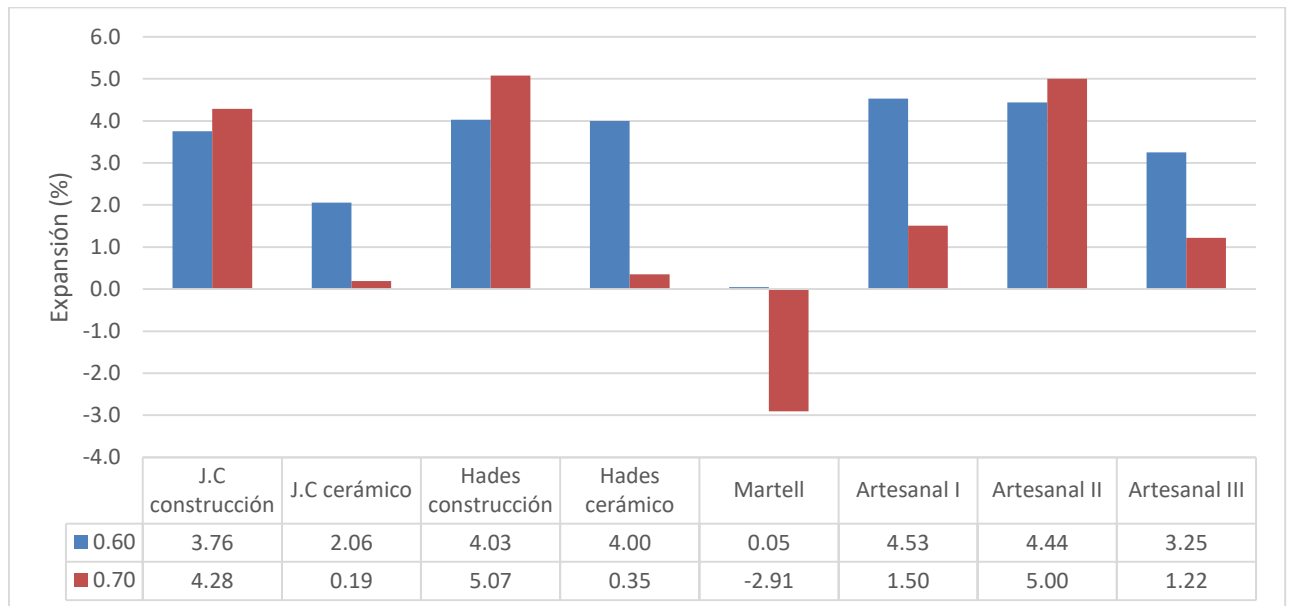


Figura N° 36: Expansión de yesos.

Analizando los valores de forma general se observa claramente el comportamiento del mortero con yeso Martell en las dos relaciones a/y; por lo antes explicado, esto claramente muestra una contracción de aproximadamente 3% en una relación a/y 0.70 tal como se comportaría un mortero de cal o de cemento. Lo contrario sucede con el yeso J.C. construcción, Hades construcción y el yeso artesanal II en las dos relaciones a/y; que presentan valores por encima de 2.5%. El comportamiento expansivo de volumen de estos yesos no generará daños en el mortero debido a que son valores bajos descartando la aparición de grietas o fisuras por esta propiedad.

5.6. Evaluación económica

Teniendo en cuenta lo accesible que es el yeso económicamente y también por su disponibilidad en el mercado, en esta evaluación económica se ha considerado básicamente el precio de cada material utilizado para preparar mortero de yeso y cemento:arena. Para el cálculo de los costos se ha tomado en cuenta el yeso que mejores propiedades obtuvo en los ensayos (Martell), como tiempo de fraguado, porosidad, expansión, compresión y densidad, además se ha evaluado las cantidades y precios según la relación a/y de 0.70.

Tabla N° 30: Propiedades óptimas del yeso Martell.

Mortero de yeso para revestimiento de edificaciones patrimoniales con una relación a/y 0.70			
Propiedad	Parámetro	Unidad	Resultado
Porosidad	<54	%	50
Densidad	0.95	g/cm ³	0.94
Compresión	77	Kg/cm ²	13
Fraguado	29	min	61 (20)
Expansión	<2.5	%	-2.1

Con respecto al proceso constructivo que se debe seguir, el revestimiento se considerará un espesor de 1.5 cm tomando como referencia la investigación de Eduardo & Zegarra, 2015, generalmente se aplica la pasta de yeso sobre muros interiores y exteriores, techos, cielo raso y por su color blanco en ocasiones no es necesario aplicarle pintura.

Se debe tener en cuenta que para procesos de conservación de edificaciones patrimoniales el mortero de yeso cumple un rol importante, como menciona la norma E 080, se debe tener consideraciones para la intervención en una obra patrimonial, algunas de estas consideraciones es que el mortero de conservación aumente la durabilidad de la construcción tradicional y que conserve la autenticidad cultural original de la edificación pues se trata de un mortero de revestimiento para construcciones patrimoniales más no de un simple tarrajeo. El costo total de elaboración de mortero por metro cuadrado con yeso Martell bajo una relación agua/yeso de 0.70 es de 13.70 soles, además se debe considerar que la aplicación de este mortero en edificaciones de tipo patrimonial debe ser bajo supervisión profesional y con mano de obra calificada. Si bien el mortero de cemento:arena resulta ser más económico se debe tener en cuenta que la norma recomienda mantener la autenticidad cultural original de la edificación.

5.7. Análisis estadístico

Según los resultados de desviación estándar de todos los ensayos que se les han realizado a los morteros, los datos varían en lo mínimo por lo que tienden a estar cerca de los valores promedios para cada ensayo, para la porosidad y densidad hay una desviación estándar de 5% y 0.03 g/cm³ respectivamente, el ensayo de compresión tiene una desviación estándar de 0.2 kg/cm² y la expansión sus datos varían con una desviación estándar de 1.1%

En el análisis estadístico se realizó la prueba de normalidad para los datos de las variables dependientes (compresión, densidad, porosidad, fraguado, expansión) según las variables independientes (tipo de yeso y relación agua/yeso) en el software SPSS y se pudo demostrar que mediante la prueba de Shapiro Wilk, los datos de esta investigación se encuentran dentro de una distribución normal pues son mayores a un $\alpha=0.05$ (porcentaje de error en ingeniería)

Se empleó las pruebas paramétricas debido a que las variables dependientes son numéricas y según la variable independiente es un estudio transversal debido a que se analizaron 2 grupos en un mismo momento, además se realizó el ANAVA para la validación de hipótesis, donde los valores del F experimental de cada variable dependiente resultan ser mayor que el F teórico por lo tanto se aceptaron las hipótesis alternas, concluyendo que los datos de esta investigación son válidos.

CONCLUSIONES

- Se caracterizó todo el material utilizado en la investigación, realizando ensayos de granulometría obteniendo el módulo de finura para cada yeso, siendo el más fino el yeso Hades cerámico, contenido de humedad con valores bajos que no influyen en la dosificación del mortero, nivel de pH y conductividad eléctrica tanto para los yesos artesanales e industriales como también para el agua que se usó en la preparación del mortero.
- Mediante un estudio preliminar se determinaron las dos relaciones a/y que finalmente se trabajaron en la investigación, la primera relación a/y de 0.60 conteniendo 38% de agua en la mezcla y la segunda relación a/y de 0.70 conteniendo 41% de agua en el total de la mezcla del mortero, siendo la relación 0.70 la más óptima para trabajar en obra.
- Mediante el análisis mineralógico por DRX se demostró que los yesos que se comercializan en la ciudad de Trujillo no son de buena calidad, sin excepción; presentando impurezas en su composición además de tener niveles bajos de basanita componente principal de un yeso de calidad en 43% y 60%. Además, se evidencia la presencia de anhidrita en 37% y 13% como componente que genera la expansión en el mortero.
- El ensayo de compresión muestra que se obtienen mejores resultados cuando la relación a/y es menor, bajo la relación a/y 0.60 el yeso Hades construcción obtiene la mayor resistencia con 74 kg/cm², sin embargo, se concluye que para morteros de revestimiento no es necesario obtener altas resistencias debido a que se busca mantener el mortero original cuando ocurra alguna falla por fisura o agrietamiento, además que, la capa de revestimiento no estará sometida a ninguna carga por aplastamiento.
- Para trabajos de conservación se busca que la pasta de yeso se mantenga fluida por mucho tiempo con el fin de aprovechar al máximo el material evitando pérdidas. La relación a/y 0.70 permite que todos los yesos utilizados se mantengan fluidos por más tiempo a comparación de la relación 0.60, con un tiempo de aplicación de 10 a 20 minutos y un fraguado de 61 minutos para el yeso Martell, los yesos artesanales tardan más en endurecer a comparación de los yesos industriales que fraguan con más rapidez.
- Los valores de porosidad de los morteros de esta investigación están influenciados por la cantidad de agua añadida a la mezcla, en ambas relaciones agua/yeso presentan valores altos hasta 51% con el yeso Hades cerámico, sin embargo, esta propiedad se puede aprovechar en el acondicionamiento térmico y acústico de edificaciones.
- La densidad aumenta a medida que la relación a/y disminuye, el yeso se caracteriza por ser un material liviano de baja densidad, con los resultados de este ensayo la densidad de los 8 yesos utilizados en esta investigación tanto artesanales como industriales oscila entre 0.94 g/cm³ y 1.11 g/cm³.
- Después de haber realizado todos los ensayos de esta investigación se concluye que ningún mortero cumple con parámetros establecidos tanto para su composición química, sus propiedades físicas y mecánicas, sin embargo, se logra rescatar que el yeso que mejores

propiedades ha tenido entre todos, es el yeso Martell bajo una relación a/y 0.70, pues presenta una pasta trabajable y brinda en un tiempo óptimo para su aplicación en obra, buena consistencia, una resistencia óptima de 13 kg/cm², una densidad baja que es importante para obtener un mortero liviano y con esto pudiendo ser utilizado para trabajos de revestimientos y conservación de edificaciones coloniales.

- A pesar de ser más económico, se descarta el uso de mortero de cemento:arena para procesos de conservación de edificaciones consideradas patrimoniales debido a las consideraciones estipuladas en la norma E. 0.80.
- Se logró determinar estadísticamente que los datos de esta investigación y la hipótesis son válidos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda subir la relación agua/yeso sobre 0.70 para encontrar mejor tiempo de aplicación en obra.
- Aplicar un tratamiento sellante que proteja el revestimiento de yeso debido a la vulnerabilidad que este presenta frente a la humedad.
- Investigar el comportamiento del mortero de yeso adicionando fibras naturales o algún otro material para mejorar sus propiedades y analizar su influencia en las relaciones agua/yeso trabajadas.
- Se recomienda realizar estudios sobre resistencia al calor del mortero, así como también ensayos de aislamiento térmico y acústico.
- Se recomienda el uso del yeso Martell en la relación agua/yeso 0.70 para trabajos de restauración y revestimiento en edificaciones consideradas patrimonio cultural.
- Teniendo en consideración que el yeso Martell tiende a contraerse se recomienda su aplicación en superficies verticales y horizontales teniendo cuidado en la aplicación en estructuras tipo cúpulas.
- Para mayor indagación se recomienda realizar un análisis de termogravimetría (TG) y un análisis térmico diferencial (ATD) con el fin de reconocer como afecta el calor sobre las propiedades del yeso.

REFERENCIAS

- Alejandre, F. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Arkiplus. (12 de Junio de 2016). Arkiplus. Obtenido de Arkiplus: <http://www.arkiplus.com/usos-del-yeso-en-la-construccion>
- Askeland, D. (2004). *Ciencia e ingeniería de materiales*. México D.F.: International Thomsom editores S.A.
- Boza, L., & Loayza, P. (2017). *Influencia de la variación de temperatura de cocción en las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera Orlando 2007 de acuerdo a la norma UNE-EN 13279-2*. Cusco.
- Cabrera, E. (31 de Mayo de 2006). *Trujillo del Perú*. Obtenido de *Trujillo del Perú*: <http://trujillodelperu1.blogspot.pe/2006/05/>
- Choi, J. (2015). *Scribd*. Obtenido de *Scribd*: <https://es.scribd.com/document/311561152/Yacimientos-de-Yeso-en-EI-Peru>
- Colombia, U. N. (2009). *Bdigital*. Obtenido de *Bdigital*: http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf
- Construcción, C. P. (2003). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Lima: CAPECO. Obtenido de CAPECO.
- Cuchillo, O. (08 de Julio de 2015). *Civilgeeks.com*. Obtenido de *Civilgeeks.com*: <https://civilgeeks.com/2015/07/08/el-uso-de-yeso-en-una-obra-de-construccion/>
- Ecoingeniería. (2005). *Ecoingeniería*. Obtenido de *Ecoingeniería*: http://www.ecoingenieria.org/docs/LOS_YESOS_2005.pdf
- Eduardo, C., & Zegarra, L. (2015). *Tabiquería ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero, como técnica de bioconstrucción en la ciudad de Puno*. *Tabiquería ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero, como técnica de bioconstrucción en la ciudad de Puno*. Puno, Perú.
- Fuller, T. (2014). *Sistemas nacionales de cultura informe Perú*. Obtenido de *Sistemas nacionales de cultura informe Perú*: <http://www.oei.es/historico/cultura2/peru/06.htm>
- Galabru, P. (1964). *Tratado de procedimientos generales de construcción: Obras de fábrica y metálicas*. Barcelona: Reverté.
- García, A. (1988). *Comportamiento mecánico de yeso reforzado con polímeros sintéticos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gisbert, J., Mateos, I., & Somovilla de Miguel, A. (2015). *Morteros de restauración*. *El Obrero*, 14-16. Granada, U. d. (2007). [www.ugr.es](http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm). Obtenido de [www.ugr.es](http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm): <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm>
- Hiromoto, C. (16 de Mayo de 2016). *Arch Daily*. Obtenido de *Arch Daily*: <http://www.archdaily.pe/pe/787590/la-interaccion-con-el-patrimonio-puede-salvar-la-arquitectura-peruana-en-deterioro>
- Histórico, I. A. (22 de Setiembre de 2017). www.iaph.es. Obtenido de www.iaph.es: http://www.iaph.es/web/canales/Ciencias_Experimentales_y_Patrimonio_Cultural/xxxBORRA_Rxxx/_morteros_de_restauracion
- Hogar, S. M. (13 de Marzo de 2017). *Muni Surco*. Obtenido de *Muni Surco*: [http://www.munisurco.gob.pe/surco_portal/municipio/app/2017/03-marzo/37_\(13-mar\)_surco_restaura_templo_virreynal.html](http://www.munisurco.gob.pe/surco_portal/municipio/app/2017/03-marzo/37_(13-mar)_surco_restaura_templo_virreynal.html)
- Intabaus, S. (08 de Octubre de 2016). *INTBAUS SPAIN*. Obtenido de *INTBAUS SPAIN*: <http://intbauspain.blogspot.pe/>
- Madrid, U. P. (2008). *Ejecución de revestimiento con yeso*. Madrid: Univesidad Politécnica de Madrid. Obtenido de www.yesosproinsa.com/Yeso.html#YesosComercializadosenEspaña

- Mamani, D. (2016). *Evaluación comparativa de las propiedades mecánicas entre el yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE-EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso*. Cusco.
- Mancha, U. C. (2008). *Previa UCLM*. Obtenido de Previa UCLM: https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Morteros.pdf
- Martín, Y. (2013). YESAMSA. Obtenido de YESAMSA: <http://www.yesamsa.es/el-yeso/>
- Mas, X. (2006). *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y réplicas de elementos pétreos escultórico-ornamentales*. Valencia.
- Minería, C. G. (Agosto de 2013). *Estudio de la cadena productiva del yeso. Estudio de la cadena productiva del yeso*. Distrito Federal, México.
- Monterroso, K. (2007). *Propuesta de restauración y readecuación del edificio de la antigua universidad de San Carlos en el valle de Panchoy*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala - Facultad de arquitectura.
- Norte, U. P. (2014). *Manual de estadística*. Manual de estadística. Tujillo, Trujillo, Perú: Sistema de gestión de la investigación.
- Norte, U. P. (2016). *Manual de redacción académica*. Manual de redacción académica. Trujillo, Trujillo, Perú: Sistema de gestión de la investigación.
- Oviedo, U. d. (2005). *Uniovi*. Obtenido de Uniovi: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema6.Yesos.Escayolas.pdf>
- Proinsa, Y. (2008). YESOS PROINSA. Obtenido de YESOS PROINSA: <http://www.yesosproinsa.com/yeso1.html>
- Quituisaca, G. (2017). *Mejoramiento del mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento*. Loja.
- Romero, A. (30 de Noviembre de 2016). Muni Huancayo. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Muni Huancayo: <http://munihuancayo.gob.pe/wps/2016/11/30/cupula-de-catedral-y-recuperacion-de-la-plaza-de-la-constitucion-ya-cuentan-con-fecha-de-inicio/>
- Salud, E. (16 de 02 de 2016). *Enciclopedia Salud.com*. Obtenido de Enciclopedia Salud.com: <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/yeso>
- Sanz, D. (2009). *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas*. Madrid.
- Shackelford, J. (2005). *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid: Pearson education S.A.
- Smith, W. (2000). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. Madrid: Editorial Mc Graw Hill.
- SOS, A. I. (26 de Setiembre de 2017). *www.laecogranja.org*. Obtenido de *www.laecogranja.org*: <http://www.laecogranja.org/yeso-de-albarracin/>
- Tejedor, C. (2012). *Conservación y restauración de objetos antiguos*. España: Secretaría general técnica. Centro de publicaciones. Ministerio de educación, cultura y deporte.
- Vásquez, I. (2008). *Influencia del contenido de dextrina y diatomita sobre la resistencia al desgaste abrasivo, absorción de agua y porosidad aparente en moldes de yeso para la fabricación de productos cerámicos colados en barbotina. Influencia del contenido de dextrina y diatomita sobre la resistencia al desgaste abrasivo, absorción de agua y porosidad aparente en moldes de yeso para la fabricación de productos cerámicos colados en barbotina*. Trujillo, Perú.
- Washington, D. (1987). *Carta internacional para la conservación de ciudades históricas y áreas urbanas históricas*. Asamblea general de ICOMOS. Washington D.C.

APÉNDICE

APÉNDICE N° 01: Medidas de moldes para conformación de probetas de yeso.

Tabla N° 31: Toma de dimensiones de moldes A,B y C.

Molde A										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L _o (mm)	51.34	52.19	52.36	52.87	52.69	52.51	52.37	52.23	51.86	51.12
	51.74	52.13	52.49	52.68	52.50	52.50	52.28	52.10	51.59	50.82
L_o prom.	51.54	52.16	52.43	52.78	52.60	52.51	52.33	52.17	51.73	50.97
A _o (mm)	50.35	50.30	51.76	51.17	51.23	51.76	51.01	49.95	51.30	51.92
	50.16	50.22	51.72	50.97	51.19	51.48	51.24	50.09	51.23	52.02
A_o prom.	50.26	50.26	51.74	51.07	51.21	51.62	51.13	50.02	51.27	51.97
H _o (mm)	51.25	51.15	50.87	49.87	51.46	51.42	51.25	51.68	51.74	50.60
	51.14	51.06	51.07	50.38	51.94	51.37	51.54	51.97	51.90	50.90
H_o prom.	51.20	51.11	50.97	50.13	51.70	51.40	51.40	51.83	51.82	50.75
Molde B										
L _o (mm)	50.68	51.75	52.14	52.30	52.37	52.27	51.77	51.57	51.07	50.91
	51.42	51.76	52.09	52.32	52.40	51.97	51.66	51.14	51.06	50.80
L_o prom.	51.05	51.76	52.12	52.31	52.39	52.12	51.72	51.36	51.07	50.86
A _o (mm)	51.78	52.44	49.83	51.36	51.08	50.99	50.58	51.67	51.46	51.25
	51.18	52.48	50.02	51.32	51.59	51.65	50.69	51.54	51.25	51.04
A_o prom.	51.48	52.46	49.93	51.34	51.34	51.32	50.64	51.61	51.36	51.15
H _o (mm)	50.87	50.67	51.41	50.99	51.41	51.68	51.86	51.34	51.47	51.27
	50.81	50.90	51.25	50.71	51.24	51.52	51.60	51.24	51.30	51.57
H_o prom.	50.84	50.79	51.33	50.85	51.33	51.60	51.73	51.29	51.39	51.42
Molde C										
L _o (mm)	50.40	50.65	50.46	50.58	50.62	50.56	50.76	50.95	51.12	50.93
	50.39	50.46	50.65	50.65	50.85	50.79	50.87	51.12	50.93	50.93
L_o prom.	50.40	50.56	50.56	50.62	50.74	50.68	50.82	51.04	51.03	50.93
A _o (mm)	52.18	51.76	50.57	50.04	50.74	51.39	50.81	51.41	50.26	52.06
	52.13	52.06	50.13	50.29	50.50	51.22	50.76	50.93	50.31	52.26
A_o prom.	52.16	51.91	50.35	50.17	50.62	51.31	50.79	51.17	50.29	52.16
H _o (mm)	50.58	50.41	49.67	50.27	50.94	51.03	50.01	49.89	50.57	50.22
	50.39	50.07	50.29	50.35	49.99	50.05	49.85	50.10	50.39	49.94
H_o prom.	50.49	50.24	49.98	50.31	50.47	50.54	49.93	50.00	50.48	50.08

Tabla N° 32: Medidas de moldes D,E y F.

Molde D										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L _o (mm)	50.33	51.44	51.66	51.83	51.88	51.64	51.24	51.17	50.99	50.75
	50.73	51.45	51.72	51.84	51.71	51.41	51.21	51.08	50.90	50.60
L_o prom.	50.53	51.45	51.69	51.84	51.80	51.53	51.23	51.13	50.95	50.68
A _o (mm)	49.75	50.91	50.16	51.29	50.20	50.00	50.77	50.74	50.02	50.95
	50.17	51.20	50.16	51.22	50.01	49.99	51.33	50.59	50.11	50.92
A_o prom.	49.96	51.06	50.16	51.26	50.11	50.00	51.05	50.67	50.07	50.94
H _o (mm)	50.30	50.12	50.21	50.02	50.08	49.99	50.05	50.12	50.12	50.53
	50.20	50.38	50.31	50.31	50.07	50.62	50.18	50.15	50.30	50.43
H_o prom.	50.25	50.25	50.26	50.17	50.08	50.31	50.12	50.14	50.21	50.48
Molde E										
L _o (mm)	50.53	51.13	51.47	51.60	51.56	51.42	51.41	51.37	51.10	50.68
	50.80	51.18	51.40	51.45	51.37	51.40	51.38	51.26	50.90	50.28
L_o prom.	50.67	51.16	51.44	51.53	51.47	51.41	51.40	51.32	51.00	50.48
A _o (mm)	50.24	51.85	50.72	51.26	50.71	50.38	51.88	51.01	50.59	51.43
	49.90	51.42	50.83	51.44	50.38	50.37	51.57	51.20	50.19	51.78
A_o prom.	50.07	51.64	50.78	51.35	50.55	50.38	51.73	51.11	50.39	51.61
H _o (mm)	50.64	50.69	50.71	50.88	50.91	50.78	50.62	50.71	50.56	50.80
	50.76	51.01	50.95	51.10	51.05	50.90	50.88	50.98	50.81	50.75
H_o prom.	50.70	50.85	50.83	50.99	50.98	50.84	50.75	50.85	50.69	50.78
Molde F										
L _o (mm)	51.15	51.97	52.48	52.74	52.73	52.38	51.80	51.33	50.80	50.15
	51.46	52.03	52.49	52.69	52.59	52.13	51.49	51.02	50.52	49.78
L_o prom.	51.31	52.00	52.49	52.72	52.66	52.26	51.65	51.18	50.66	49.97
A _o (mm)	50.90	51.70	50.10	50.87	50.08	50.70	51.66	50.72	50.27	52.15
	51.13	51.85	50.60	50.70	50.27	50.53	50.88	50.42	49.96	51.53
A_o prom.	51.02	51.78	50.35	50.79	50.18	50.62	51.27	50.57	50.12	51.84
H _o (mm)	50.80	50.64	50.59	50.51	50.22	50.42	50.33	50.15	50.32	50.39
	50.86	50.66	50.80	50.58	50.51	50.94	50.38	50.42	50.72	50.56
H_o prom.	50.83	50.65	50.70	50.55	50.37	50.68	50.36	50.29	50.52	50.48

APÉNDICE N° 02: Caracterización física de yesos industriales y artesanales.

Ensayo de granulometría (ASTM C 117)

Tabla N° 33: Análisis de textura del yeso J.C. construcción.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.36	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 16	1.18	0.1	0.1	0.1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 30	0.60	5.2	6.5	6.6	93	5.5	6.8	6.8	93	6.0	7.3	7.4	93
N° 50	0.30	29.6	36.9	43.5	56	29.2	35.7	42.5	57	29.5	36.0	43.4	57
N° 100	0.15	30.8	38.3	81.8	18	32.4	39.7	82.3	18	32.8	40.0	83.4	17
N° 200	0.07	13.3	16.6	98.4	2	13.6	16.7	99.0	1	13.2	16.1	99.5	1
Fondo		1.3	1.6	100.0	0	0.8	1.0	100.0	0	0.4	0.5	100.0	0
Σ		80.2	100.0			81.6	100.0			81.9	100.0		

Tabla N° 34: Media para granulometría de yeso J.C. construcción y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 16	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 30	93	93	93	93	0.2	0.4
N° 50	56	57	57	57	0.3	0.5
N° 100	18	18	17	18	0.7	0.8
N° 200	2	1	1	1	0.3	0.5
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 35: Análisis de textura del yeso J.C. cerámico.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 8	2.4	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 16	1.2	0.1	0.1	0.1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 30	0.6	11.1	10.0	10.1	90	9.3	8.9	8.9	91	9.9	9.2	9.2	91
N° 50	0.3	39.3	35.5	45.6	54	38.4	36.8	45.7	54	39.6	36.8	46.0	54
N° 100	0.2	42.2	38.1	83.7	16	38.8	37.2	82.9	17	39.7	36.9	82.9	17
N° 200	0.1	17.6	15.9	99.6	0	17.5	16.8	99.7	0	18.1	16.8	99.8	0
Fondo		0.4	0.4	100.0	0	0.4	0.3	100.0	0	0.3	0.2	100.0	0
Σ		110.6	100.0			104.4	100.0			107.5	100.0		

Tabla N° 36: Media para granulometría de yeso J.C. cerámico y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 16	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 30	90	91	91	91	0.4	0.6
N° 50	54	54	54	54	0.1	0.2
N° 100	16	17	17	17	0.2	0.5
N° 200	0	0	0	0	0.0	0.1
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 37: Análisis granulométrico del yeso Hades construcción.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 16	1.2	2.6	3.7	3.7	96	1.8	3.2	3.2	97	1.7	2.7	2.7	97
N° 30	0.6	11.5	16.7	20.4	80	9.2	16.4	19.6	80	9.4	15.4	18.1	82
N° 50	0.3	16.7	24.2	44.7	55	14.9	26.6	46.2	54	14.6	23.9	42.1	58
N° 100	0.2	24.6	35.7	80.3	20	20.2	36.1	82.2	18	21.7	35.7	77.8	22
N° 200	0.1	12.9	18.7	99.1	1	9.5	16.9	99.1	1	12.8	21.0	98.8	1
Fondo		0.6	0.9	100.0	0	0.5	0.9	100.0	0	0.8	1.2	100.0	0
Σ		68.9	100.0			55.9	100.0			60.8	100.0		

Tabla N° 38: Media para granulometría de yeso Hades construcción y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 16	96	97	97	97	0.3	0.5
N° 30	80	80	82	81	1.4	1.2
N° 50	55	54	58	56	4.3	2.1
N° 100	20	18	22	20	5.0	2.2
N° 200	1	1	1	1	0.0	0.2
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 39: Análisis de textura del yeso Hades cerámico.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 16	1.2	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 30	0.6	0.1	0.3	0.3	100	0.4	1.9	1.9	98	0.4	1.0	1.0	99
N° 50	0.3	1.5	6.5	6.7	93	1.2	5.0	6.9	93	5.4	14.6	15.6	84
N° 100	0.2	10.1	42.1	48.9	51	9.0	39.1	46.0	54	15.7	42.4	58.0	42
N° 200	0.1	11.9	49.7	98.6	1	11.9	51.8	97.7	2	14.8	39.9	97.9	2
Fondo		0.3	1.4	100.0	0	0.5	2.3	100.0	0	0.8	2.1	100.0	0
Σ		23.9	100.0			23.0	100.0			37.0	100.0		

Tabla N° 40: Media para granulometría de yeso Hades cerámico y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 16	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 30	100	98	99	99	0.6	0.8
N° 50	93	93	84	90	25.5	5.0
N° 100	51	54	42	49	39.2	6.3
N° 200	1	2	2	2	0.2	0.5
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 41: Análisis granulométrico del yeso Martell.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	3.4	3.2	3.2	97	2.5	2.3	2.3	98	3.5	3.1	3.1	97
N° 16	1.2	24.9	23.2	26.3	74	27.4	24.8	27.1	73	32.4	28.6	31.8	68
N° 30	0.6	21.3	19.8	46.2	54	22.3	20.2	47.3	53	22.5	19.8	51.6	48
N° 50	0.3	18.1	16.8	63.0	37	17.8	16.1	63.3	37	16.6	14.6	66.2	34
N° 100	0.2	22.7	21.1	84.0	16	22.5	20.3	83.7	16	21.2	18.8	85.0	15
N° 200	0.1	16.6	15.4	99.5	1	17.6	16.0	99.6	0	16.5	14.6	99.6	0
Fondo		0.6	0.5	100.0	0	0.4	0.4	100.0	0	0.5	0.4	100.0	0
Σ		107.5	100.0			110.5	100.0			113.3	100.0		

Tabla N° 42: Media para granulometría de yeso Martell y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	97	98	97	97	0.2	0.5
N° 16	74	73	68	72	8.6	2.9
N° 30	54	53	48	52	8.1	2.9
N° 50	37	37	34	36	3.2	1.8
N° 100	16	16	15	16	0.5	0.7
N° 200	1	0	0	0	0.0	0.1
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 43: Análisis granulométrico del yeso Artesanal I.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	0.2	0.1	0.1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.1	0.0	0.0	100
N° 16	1.2	6.4	4.8	4.9	95	4.3	3.5	3.5	97	5.6	4.1	4.1	96
N° 30	0.6	35.0	26.1	31.1	69	32.4	26.5	30.0	70	39.3	28.9	33.0	67
N° 50	0.3	42.2	31.5	62.6	37	41.0	33.5	63.5	36	43.8	32.2	65.2	35
N° 100	0.2	34.9	26.0	88.6	11	31.9	26.1	89.6	10	34.4	25.3	90.5	10
N° 200	0.1	14.4	10.8	99.4	1	12.1	9.9	99.5	1	11.9	8.8	99.2	1
Fondo		0.9	0.6	100.0	0	0.6	0.5	100.0	0	1.1	0.8	100.0	0
Σ		134.0	100.0			122.3	100.0			136.1	100.0		

Tabla N° 44: Media para granulometría de yeso Artesanal I y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.1
N° 16	95	97	96	96	0.5	0.7
N° 30	69	70	67	69	2.3	1.5
N° 50	37	36	35	36	1.7	1.3
N° 100	11	10	10	10	0.9	0.9
N° 200	1	1	1	1	0.0	0.1
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 45: Análisis de textura del yeso Artesanal II.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N° 16	1.2	2.5	2.3	2.3	98	0.7	0.7	0.7	99	2.1	2.1	2.1	98
N° 30	0.6	17.0	15.2	17.4	83	15.1	15.5	16.2	84	17.8	17.4	19.5	81
N° 50	0.3	23.4	20.8	38.3	62	22.5	23.1	39.3	61	22.7	22.1	41.6	58
N° 100	0.2	48.2	43.0	81.2	19	44.2	45.4	84.7	15	44.4	43.3	84.8	15
N° 200	0.1	19.5	17.4	98.6	1	14.3	14.6	99.3	1	14.6	14.2	99.0	1
Fondo		1.5	1.4	100.0	0	0.6	0.7	100.0	0	1.0	1.0	100.0	0
Σ		112.3	100.0			97.4	100.0			102.6	100.0		

Tabla N° 46: Media para granulometría de yeso Artesanal II y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	100	100	0.0	0.0
N° 16	98	99	98	98	0.8	0.9
N° 30	83	84	81	82	2.7	1.7
N° 50	62	61	58	60	2.8	1.7
N° 100	19	15	15	16	4.2	2.0
N° 200	1	1	1	1	0.1	0.4
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla N° 47: Análisis de textura del yeso Artesanal III.

Tamiz	Abertura (mm)	Muestra N° 01				Muestra N° 02				Muestra N° 03			
		Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.8	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
N°8	2.4	0.4	0.3	0.3	100	0.6	0.4	0.4	100	0.8	0.6	0.6	99
N° 16	1.2	10.6	7.2	7.5	93	14.3	9.1	9.5	91	10.2	7.3	7.8	92
N° 30	0.6	33.3	22.7	30.2	70	39.6	25.2	34.7	65	35.0	24.9	32.7	67
N° 50	0.3	50.2	34.2	64.4	36	52.9	33.6	68.3	32	49.7	35.3	68.0	32
N° 100	0.2	37.2	25.4	89.8	10	36.4	23.2	91.5	8	32.0	22.8	90.7	9
N° 200	0.1	13.3	9.1	98.9	1	12.4	7.9	99.4	1	12.2	8.7	99.4	1
Fondo		1.6	1.1	100.0	0	0.9	0.6	100.0	0	0.9	0.6	100.0	0
Σ		146.6	100.0			157.1	100.0			140.8	100.0		

Tabla N° 48: Media para granulometría de yeso Artesanal III y control de calidad.

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa (%)				Control de calidad	
	Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	Promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)
N° 4	100	100	100	100	0.0	0.0
N°8	100	100	99	100	0.0	0.2
N° 16	93	91	92	92	1.1	1.1
N° 30	70	65	67	67	5.0	2.2
N° 50	36	32	32	33	4.6	2.2
N° 100	10	8	9	9	0.7	0.9
N° 200	1	1	1	1	0.1	0.3
Fondo	0	0	0	0	0.0	0.0

Ensayo de contenido de humedad

Tabla N° 49: Agua física de cada tipo de yeso.

Tipo de yeso	Réplicas	Peso de tara, A (g)	Peso de muestra (g)	Peso de tara+muestra húmeda, B (g)	Peso de tara+muestra seca, C (g)	Humedad (%)	Humedad promedio (%)
J.C construcción	m1	43.94	25.00	68.94	67.36	6.75	7.2
	m2	41.77	25.00	66.77	65.04	7.43	
	m3	46.45	25.00	71.45	69.72	7.43	
J.C cerámico	m1	42.85	25.00	67.85	66.23	6.93	8.2
	m2	53.98	25.00	78.98	76.91	9.03	
	m3	29.71	25.00	54.71	52.75	8.51	
Hades construcción	m1	43.77	25.00	68.77	68.02	3.09	3.2
	m2	40.65	25.00	65.65	64.82	3.43	
	m3	46.55	25.00	71.55	70.79	3.14	
Hades cerámico	m1	45.67	25.00	70.67	69.62	4.38	4.4
	m2	35.86	25.00	60.86	59.81	4.38	
	m3	35.84	25.00	60.84	59.78	4.43	
Martell	m1	39.58	25.00	64.58	63.04	6.56	6.8
	m2	44.19	25.00	69.19	67.53	7.11	
	m3	47.69	25.00	72.69	71.12	6.70	
Artesanal I	m1	47.61	25.00	72.61	70.96	7.07	6.8
	m2	42.60	25.00	67.60	66.05	6.61	
	m3	26.43	25.00	51.43	49.83	6.84	
Artesanal II	m1	28.47	25.00	53.47	53.04	1.75	2.3
	m2	38.46	25.00	63.46	62.67	3.26	
	m3	44.71	25.00	69.71	69.25	1.87	
Artesanal III	m1	45.67	25.00	70.67	70.48	0.77	0.9
	m2	26.43	25.00	51.43	51.21	0.89	
	m3	43.77	25.00	68.77	68.52	1.01	

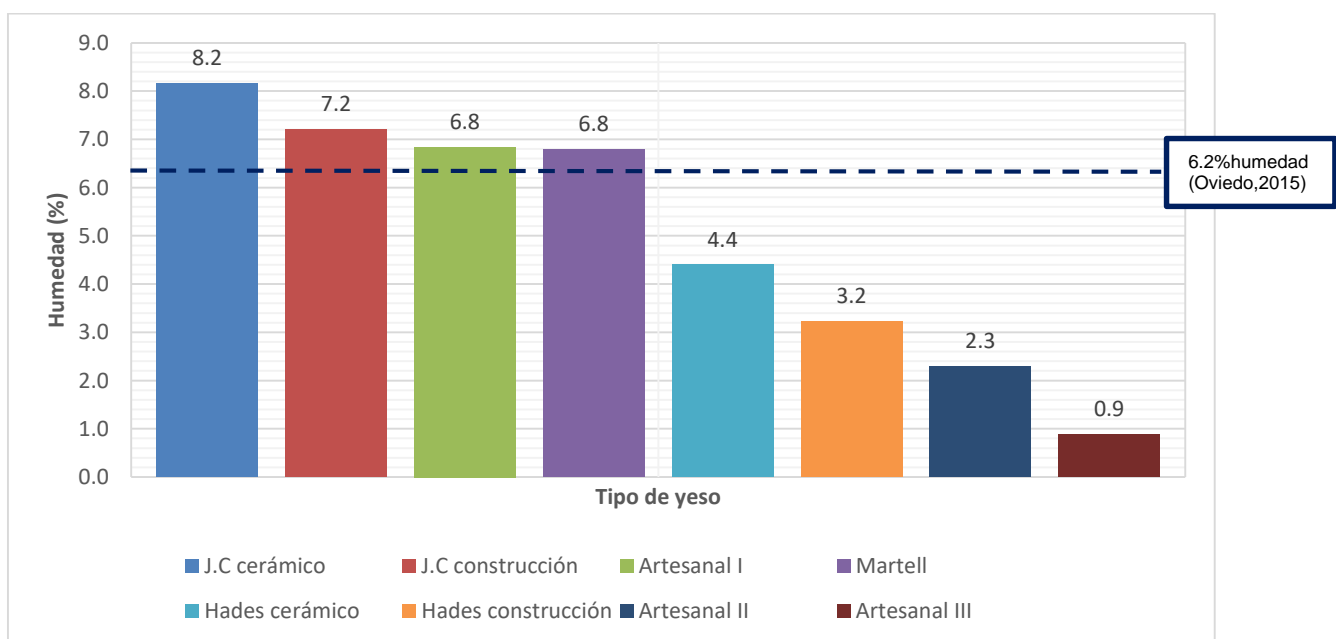


Figura N° 37: Humedad de los tipos de yeso.

Ensayo de nivel de pH y conductividad

Tabla N° 50: Datos del ensayo de nivel de pH y conductividad para yeso y agua.

Tipo de yeso	Réplicas	pH	pH Promedio	Conductividad (μS/cm)	Conductividad promedio (μS/cm)	Conductividad promedio (dS/m)
J.C. Construcción	m1	8.04	8	2357.00	2357.00	2.36
	m2	8.13		2357.00		
	m3	8.11		2357.00		
J.C Cerámico	m1	8.05	8	2360.00	2360.00	2.36
	m2	8.00		2360.00		
	m3	8.02		2360.00		
Hades Construcción	m1	9.75	8	2214.00	2214.00	2.21
	m2	9.46		2214.00		
	m3	9.60		2214.00		
Hades Cerámico	m1	8.57	8	2112.00	2112.00	2.11
	m2	8.30		2112.00		
	m3	8.26		2112.00		
Martell	m1	7.90	8	2101.00	2101.00	2.10
	m2	7.78		2101.00		
	m3	7.77		2101.00		
Artesanal I	m1	8.05	8	2295.00	2295.00	2.30
	m2	8.08		2295.00		
	m3	8.13		2295.00		
Artesanal II	m1	7.08	8	2373.00	2373.00	2.37
	m2	7.85		2373.00		
	m3	7.84		2373.00		
Artesanal III	m1	7.80	8	2717.00	2717.00	2.72
	m2	7.77		2717.00		
	m3	8.02		2717.00		
Agua	m1		8		2058.00	2.06

APÉNDICE N° 03: Ensayos en estado fresco

Ensayo de tiempo de fraguado

Tabla N° 51: Datos del endurecimiento del yeso J.C construcción.

r a/y 0.60			r a/y 0.70	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	24.4	40	21.6	40
2	24.3	37	21.5	40
3	24.2	37	21.7	40
6	24.0	37	22.1	40
7	23.8	34	22.7	36
8	23.8	33	22.6	29
9	23.8	14	22.6	19
10	23.7	8	22.9	16
11	23.7	7	23.0	9
12	23.6	7	22.9	8
12	23.5	6	23.0	8
13	23.5	5	22.8	8
14	23.5	3	22.9	7
15	23.4	3	23.0	7
16	23.3	3	23.0	7
17	23.3	3	22.9	6
18	23.2	2	22.9	6
19	23.2	2	22.9	4
20	23.1	2	22.8	4
24	23.1	1	22.8	3
25	23.1	1	22.8	3
26	23.1	1	22.9	3
27	23.0	1	22.7	3
30	23.0	0	22.7	3
48	-	-	22.2	2
50	-	-	22.3	1
54	-	-	22.3	0
60	-	-	22.2	0

Tabla N° 52: Datos de fraguado del yeso J.C cerámico.

r a/y 0.60			r a/y 0.70	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	23.6	40	23.4	40
1	23.6	40	23.2	40
4	23.5	40	22.7	37
5	23.4	39	22.7	35
6	23.4	29	22.9	31
7	23.3	22	23	27
8	23.3	4	22.6	15
9	23.2	4	22.8	7
10	23.2	3	23	6
11	23.1	3	23.1	6
12	23.1	2	23.2	5
13	23.0	2	23.3	5
14	22.9	2	23.4	5
15	22.7	2	23.5	4
16	22.7	2	23.4	4
17	22.5	1	23.4	4
18	22.5	1	23.3	3
19	22.3	1	23.2	3
20	22.0	1	23.1	2
21	21.9	1	22.9	2
22	21.9	1	22.8	2
28	21.7	1	22.7	1
30	21.7	1	22.8	1
31	21.7	0	22.7	1
32	21.7	0	22.6	1
35	21.7	0	22.4	1
36	21.6	0	22.4	1
37	-	-	22.4	1
38	-	-	22.4	1
39	-	-	22.4	0
40	-	-	22.4	0

Tabla N° 53: Datos del endurecimiento del yeso Hades construcción.

Tiempo (min)	r a/y 0.60		r a/y 0.70	
	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	21.7	40	22.3	40
1	21.5	40	22.3	40
2	21.3	40	22.3	40
3	20.9	35	21.9	30
4	20.7	30	21.7	25
5	20.5	23	21.4	12
6	20.3	10	21.2	2
7	20.3	11	21.2	2
8	20.1	1	21.2	2
9	20.1	1	21.1	2
10	20.1	0	21.1	2
11	-	-	21.1	1
12	-	-	21.0	1
13	-	-	21.0	1
14	-	-	21.0	1
15	-	-	21.0	0

Tabla N° 54: Datos de fraguado del yeso Hades cerámico.

Tiempo (min)	r a/y 0.60		r a/y 0.70	
	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	22.3	40	22.3	40
1	22.3	40	22.3	40
2	22.2	40	22.2	39
3	22.2	40	22.1	36
4	21.9	25	22.0	32
5	21.8	21	21.8	29
6	21.4	10	21.7	25
7	21.1	2	21.5	17
8	21.1	2	21.3	11
9	21.0	1	21.3	11
10	21.0	1	21.2	10
11	21.0	0	21.0	8
12	-	-	20.8	5
13	-	-	20.8	5
14	-	-	20.7	4
15	-	-	20.7	4
16	-	-	20.5	3
17	-	-	20.5	3
23	-	-	20.4	2
24	-	-	20.4	2
25	-	-	20.3	2
26	-	-	20.3	2
27	-	-	20.2	1
30	-	-	20.2	1
31	-	-	20.1	1
32	-	-	20.1	1
33	-	-	20.1	0
34	-	-	20.0	0
37	-	-	20.0	0
38	-	-	20.0	0
39	-	-	20.0	0

Tabla N° 55: Datos del estado fresco a endurecido del yeso Martell.

Tiempo (min)	r a/y 0.60		r a/y 0.70	
	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	20.7	40	20.3	40
1	20.5	40	20.1	40
4	20.3	35	19.8	35
5	20.2	25	19.6	33
6	20.7	14	19.5	28
7	20.8	12	19.6	22
8	20.8	12	19.8	20
9	20.7	12	20.1	18
10	20.6	7	20.2	15
11	20.6	7	20.1	13
12	20.7	7	19.9	13
13	20.6	6	19.9	10
14	20.7	6	19.9	9
15	20.9	5	19.8	9
16	21.0	5	19.8	9
17	21.0	4	20.0	8
18	20.6	4	20.0	8
19	20.4	3	19.8	7
20	20.4	3	19.5	7
21	20.5	3	19.6	5
22	20.1	3	19.6	5
23	20.4	3	19.5	5
24	20.3	3	19.3	4
29	20.3	2	19.2	3
30	20.2	2	19.2	3
31	20.1	2	19.2	3
32	20.2	2	19.4	3
36	19.9	1	19.4	3
37	20.0	1	19.3	3
38	20.0	1	19.4	3
39	20.1	0	19.3	3
40	20.0	0	19.2	3
45	-	-	19.2	3
46	-	-	19.3	3
47	-	-	19.3	2
48	-	-	19.3	2
49	-	-	19.2	2
50	-	-	19.2	2
55	-	-	19.2	1
56	-	-	19.1	1
57	-	-	19.1	1
58	-	-	19.2	1
59	-	-	19.1	0
60	-	-	19.1	0
61	-	-	19.1	0

Tabla N° 56: Datos de fraguado del yeso Artesanal I.

Tiempo (min)	r a/y 0.60		r a/y 0.70	
	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	19.5	40	19.5	40
1	19.5	40	19.3	40
4	19.6	37	19.2	40
5	19.6	37	19.1	35
6	19.6	35	19.3	35
7	19.8	29	19.3	28
8	20.0	25	19.2	27
9	20.0	15	19.2	26
10	19.9	7	19.4	26
11	19.9	5	19.6	18
12	19.8	5	19.6	12
13	20.2	5	19.6	9
14	20.3	2	19.6	9
15	20.2	2	19.6	6
16	20.1	2	19.5	6
17	20.0	2	19.4	5
23	20.0	1	19.5	5
24	20.0	1	19.5	5
25	19.9	1	19.5	4
27	19.9	0	19.5	4
29	-	-	19.2	2
30	-	-	19.1	2
35	-	-	18.9	2
36	-	-	18.8	1
37	-	-	18.8	1
38	-	-	18.7	0

Tabla N° 57: Datos de endurecimiento del yeso Artesanal II.

Tiempo (min)	r a/y 0.60		r a/y 0.70	
	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	24.6	40	22.7	40
1	24.6	40	22.6	40
6	24.0	37	22.5	40
7	23.9	32	22.8	31
8	23.8	29	22.9	30
9	23.7	25	22.9	29
10	23.6	18	22.9	25
11	23.5	15	22.9	20
12	23.4	12	23.0	13
13	23.4	12	23.0	12
14	23.4	10	22.9	12
15	23.4	10	22.9	10
16	23.2	8	22.8	8
17	23.2	8	22.7	8
18	23.1	7	22.7	8
19	23.1	7	22.8	7
20	23.0	6	22.9	7
21	22.9	5	23.0	7
22	22.8	6	23.1	7
23	22.7	5	23.1	4
24	22.6	5	22.9	4
25	22.5	4	22.9	4
26	22.4	4	22.9	3
29	22.6	2	22.8	3
30	22.7	2	22.9	3
31	22.8	2	22.9	2
32	22.9	2	22.8	2
41	22.7	0	22.8	2
42	22.6	0	22.8	2
50	-	-	22.7	1
55	-	-	22.7	1
60	-	-	22.7	1
65	-	-	22.7	0

Tabla N° 58: Datos del estado fresco a endurecido del yeso Artesanal III.

r a/y 0.60			r a/y 0.70	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)	Temperatura (°C)	Penetración (mm)
0	24.1	40	24.3	40
1	24.2	40	24.4	40
2	24.3	37	24.5	40
3	24.4	35	24.6	36
4	24.5	28	24.7	35
5	24.6	28	24.8	31
6	24.7	18	24.9	31
7	24.8	11	25.0	29
8	24.8	11	25.1	27
9	24.9	9	25.2	25
10	25.0	5	25.3	17
11	25.1	5	25.4	12
12	25.2	5	25.5	8
13	25.3	4	25.6	8
14	25.4	4	25.7	8
18	26.5	3	25.8	5
19	26.6	3	25.9	5
20	26.6	3	26.0	4
23	26.5	2	26.1	3
24	26.5	1	26.2	3
25	26.6	1	26.2	2
26	26.5	0	26.2	2
30	-	-	26.1	2
35	-	-	26.3	1
40	-	-	26.1	1
45	-	-	26.1	0
50	-	-	26.2	0
55	-	-	26.1	0

APÉNDICE N° 04: Ensayos en estado endurecido

Ensayo de porosidad

Tabla N° 59: Datos de porosidad para cada probeta de yeso.

Tipo de yeso	r a/y	Réplicas	Peso saturado, M (g)	Peso sumergido, S (g)	Peso seco, D (g)	Porosidad (%)	Porosidad promedio (%)
J.C construcción	0.60	m1	203.29	65.82	138.73	46.96	43
		m2	198.38	61.24	137.62	44.31	
		m3	203.22	64.76	150.82	37.84	
	0.70	m1	190.11	53.62	122.11	49.82	46
		m2	190.32	54.92	127.57	46.34	
		m3	192.86	55.34	137.25	40.44	
J.C cerámico	0.60	m1	197.16	64.32	129.04	51.28	45
		m2	195.14	61.95	136.81	43.79	
		m3	199.06	64.13	147.21	38.43	
	0.70	m1	194.07	59.30	122.08	53.42	49
		m2	186.72	56.47	122.22	49.52	
		m3	187.75	58.05	132.25	42.79	
Hades construcción	0.60	m1	205.91	64.57	148.98	40.28	35
		m2	209.08	63.39	157.04	35.72	
		m3	206.13	65.26	163.79	30.06	
	0.70	m1	195.23	60.33	138.26	42.23	38
		m2	193.06	56.88	139.19	39.56	
		m3	189.28	54.76	145.09	32.85	
Hades cerámico	0.60	m1	206.47	70.28	136.02	51.73	47
		m2	201.59	67.91	139.26	46.63	
		m3	207.50	70.53	148.70	42.93	
	0.70	m1	195.70	61.81	122.12	54.96	51
		m2	204.88	65.46	131.76	52.45	
		m3	206.38	63.32	140.19	46.27	
Martell	0.60	m1	198.41	66.83	132.88	49.80	46
		m2	206.15	69.87	139.76	48.72	
		m3	205.22	70.83	152.69	39.09	
	0.70	m1	190.34	58.69	121.28	52.46	50
		m2	199.06	61.29	126.04	53.00	
		m3	188.81	60.77	133.16	43.46	
Artesanal I	0.60	m1	191.46	57.39	130.62	45.38	44
		m2	200.63	63.79	137.47	46.16	
		m3	194.97	62.42	140.01	41.46	
	0.70	m1	195.49	56.12	125.02	50.56	49
		m2	192.53	57.52	123.65	51.02	
		m3	191.87	58.23	132.54	44.40	
Artesanal II	0.60	m1	204.17	64.12	143.68	43.19	41
		m2	211.16	67.01	146.09	45.14	
		m3	206.77	64.75	156.54	35.37	
	0.70	m1	205.80	61.50	133.46	50.13	47
		m2	203.86	61.86	133.30	49.69	
		m3	210.48	63.92	151.94	39.94	
Artesanal III	0.60	m1	204.99	64.81	136.60	48.79	45
		m2	201.30	61.92	134.71	47.78	
		m3	206.41	65.65	152.22	38.50	
	0.70	m1	198.70	58.11	124.57	52.73	49
		m2	196.84	57.06	123.09	52.76	
		m3	193.19	56.01	135.61	41.97	

Ensayo de densidad global

Tabla N° 60: Datos de densidad global para cada probeta de yeso.

Tipo de yeso	r a/y	Réplicas	Peso saturado, M (g)	Peso sumergido, S (g)	Peso seco, D (g)	Densidad (g/cm ³)	Densidad promedio (g/cm ³)
J.C construcción	0.60	m1	203.29	65.82	138.73	1.04	1.06
		m2	198.38	61.24	137.62	1.05	
		m3	203.22	64.76	150.82	1.09	
	0.70	m1	190.11	53.62	122.11	0.96	0.97
		m2	190.32	54.92	127.57	0.94	
		m3	192.86	55.34	137.25	1.00	
J.C cerámico	0.60	m1	197.16	64.32	129.04	1.05	1.04
		m2	195.14	61.95	136.81	1.03	
		m3	199.06	64.13	147.21	1.05	
	0.70	m1	194.07	59.30	122.08	0.98	0.99
		m2	186.72	56.47	122.22	0.96	
		m3	187.75	58.05	132.25	1.02	
Hades construcción	0.60	m1	205.91	64.57	148.98	1.09	1.08
		m2	209.08	63.39	157.04	1.08	
		m3	206.13	65.26	163.79	1.08	
	0.70	m1	195.23	60.33	138.26	1.02	1.05
		m2	193.06	56.88	139.19	1.04	
		m3	189.28	54.76	145.09	1.08	
Hades cerámico	0.60	m1	206.47	70.28	136.02	1.06	1.06
		m2	201.59	67.91	139.26	1.04	
		m3	207.50	70.53	148.70	1.09	
	0.70	m1	195.70	61.81	122.12	0.95	0.96
		m2	204.88	65.46	131.76	0.95	
		m3	206.38	63.32	140.19	0.98	
Martell	0.60	m1	198.41	66.83	132.88	1.10	1.11
		m2	206.15	69.87	139.76	1.10	
		m3	205.22	70.83	152.69	1.14	
	0.70	m1	190.34	58.69	121.28	0.96	0.94
		m2	199.06	61.29	126.04	0.91	
		m3	188.81	60.77	133.16	0.96	
Artesanal I	0.60	m1	191.46	57.39	130.62	1.05	1.04
		m2	200.63	63.79	137.47	1.00	
		m3	194.97	62.42	140.01	1.06	
	0.70	m1	195.49	56.12	125.02	0.95	0.95
		m2	192.53	57.52	123.65	0.92	
		m3	191.87	58.23	132.54	0.99	
Artesanal II	0.60	m1	204.17	64.12	143.68	1.03	1.05
		m2	211.16	67.01	146.09	1.01	
		m3	206.77	64.75	156.54	1.10	
	0.70	m1	205.80	61.50	133.46	0.97	0.99
		m2	203.86	61.86	133.30	0.96	
		m3	210.48	63.92	151.94	1.04	
Artesanal III	0.60	m1	204.99	64.81	136.60	1.02	1.05
		m2	201.30	61.92	134.71	1.04	
		m3	206.41	65.65	152.22	1.08	
	0.70	m1	198.70	58.11	124.57	0.89	0.92
		m2	196.84	57.06	123.09	0.88	
		m3	193.19	56.01	135.61	0.99	

Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla N° 61: Datos de carga máxima para cada probeta de yeso.

Tipo de yeso	r a/y	Réplicas	Dimensiones (mm)			Área(mm ²)	Fuerza (kN)	Compresión (kg/cm ²)	Compresión promedio(kg/cm ²)
			largo	ancho	altura				
J.C construcción	0.6	m1	52.67	50.90	50.72	2680.90	13.60	51.69	47
		m2	52.90	53.16	50.44	2812.16	12.70	46.02	
		m3	53.30	52.91	50.45	2820.10	11.60	41.91	
	0.7	m1	53.06	51.33	51.01	2723.57	7.40	27.69	27
		m2	53.46	52.49	50.89	2806.12	7.10	25.78	
		m3	53.29	52.85	51.15	2816.38	7.70	27.86	
J.C. cerámico	0.6	m1	51.58	50.58	49.63	2608.92	6.30	24.61	29
		m2	51.69	50.49	49.68	2609.83	8.40	32.80	
		m3	51.52	52.41	49.97	2700.16	8.20	30.95	
	0.7	m1	52.15	50.76	50.51	2647.13	5.70	21.94	22
		m2	52.35	51.02	50.31	2670.90	5.60	21.37	
		m3	52.82	52.24	50.38	2759.32	6.10	22.53	
Hades construcción	0.6	m1	52.77	51.29	51.17	2706.57	20.90	78.69	74
		m2	52.92	52.40	51.24	2773.01	18.80	69.08	
		m3	52.90	52.95	51.40	2801.06	20.60	74.94	
	0.7	m1	51.83	50.97	50.35	2641.78	15.50	59.79	67
		m2	51.84	52.76	50.22	2735.08	18.90	70.42	
		m3	52.03	52.21	50.30	2716.49	18.80	70.52	
Hades cerámico	0.6	m1	52.55	51.92	50.06	2728.40	4.40	16.43	15
		m2	52.24	51.29	49.95	2679.39	4.20	15.97	
		m3	51.89	52.28	50.40	2712.81	3.40	12.77	
	0.7	m1	51.77	51.41	50.02	2661.50	3.10	11.87	11
		m2	51.99	51.70	50.22	2687.88	3.10	11.75	
		m3	51.64	51.39	50.51	2653.78	2.60	9.98	
Martell	0.6	m1	52.09	50.63	50.52	2637.32	4.20	16.23	17
		m2	52.59	50.80	50.35	2671.57	4.40	16.78	
		m3	52.70	52.05	50.10	2743.04	4.70	17.46	
	0.7	m1	51.89	50.10	50.07	2599.69	3.50	13.72	13
		m2	51.85	51.08	50.00	2648.50	3.30	12.70	
		m3	52.04	51.67	52.05	2688.91	3.00	11.37	
Artesanal I	0.6	m1	52.90	51.69	50.09	2734.40	3.80	14.16	15
		m2	51.89	51.68	49.98	2681.68	4.50	17.10	
		m3	50.39	51.53	51.61	2596.60	3.50	13.74	
	0.7	m1	50.83	50.67	49.96	2575.56	2.70	10.68	10
		m2	51.26	51.81	49.90	2655.78	2.70	10.36	
		m3	51.44	52.04	49.96	2676.94	2.70	10.28	
Artesanal II	0.6	m1	52.01	51.50	51.17	2678.52	11.70	44.51	46
		m2	53.93	52.40	51.42	2825.93	11.30	40.75	
		m3	53.78	53.12	51.56	2856.79	14.90	53.15	
	0.7	m1	53.32	51.19	51.42	2729.45	7.80	29.12	30
		m2	53.53	52.33	51.64	2801.22	8.70	31.65	
		m3	53.28	52.47	51.57	2795.60	7.90	28.80	
Artesanal III	0.6	m1	52.45	50.96	50.91	2672.85	4.30	16.39	16
		m2	52.91	50.93	51.13	2694.71	4.20	15.88	
		m3	53.13	52.39	50.79	2783.48	4.50	16.47	
	0.7	m1	52.51	50.59	51.00	2656.48	2.60	9.97	10
		m2	52.70	51.45	50.58	2711.42	2.50	9.40	
		m3	52.69	52.53	51.00	2767.81	2.80	10.31	

Ensayo de expansión

Tabla N° 62: Datos de cambio volumétrico para el yeso J.C.

Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Dimensiones finales (mm)			Vol final	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		Largo	Ancho	Altura	V _o (mm ³)	Largo	Ancho	Altura	V _f (mm ³)		
Construcción 0.60	m1	51.54	50.26	51.20	132602.36	52.67	50.90	50.72	135949.14	3	4
	m2	52.16	50.26	51.11	133974.91	52.90	53.16	50.44	141818.15	6	
	m3	52.43	51.74	50.97	138254.57	53.30	52.91	50.45	142247.41	3	
Construcción 0.70	m1	52.12	49.93	51.33	133552.52	53.06	51.33	50.96	138793.12	4	4
	m2	52.31	51.34	50.85	136562.53	53.46	52.49	50.89	142789.86	5	
	m3	52.39	51.34	51.33	138022.37	53.29	52.85	51.15	144044.03	4	
Cerámico 0.60	m1	50.62	50.17	50.31	127742.20	51.70	50.59	49.95	130631.46	2	2
	m2	50.74	50.62	50.47	129604.50	51.70	50.55	49.86	130267.31	1	
	m3	50.68	51.31	50.54	131397.98	51.66	52.51	50.09	135864.32	3	
Cerámico 0.70	m1	51.54	50.26	51.20	132602.36	52.15	50.66	50.61	133694.70	1	0
	m2	52.16	50.26	51.11	133974.91	52.65	50.47	50.45	134044.75	0	
	m3	52.43	51.74	50.97	138254.57	52.86	51.56	50.58	137840.22	0	

Tabla N° 63: Datos de cambio volumétrico para el yeso Hades.

Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Dimensiones finales (mm)			Vol final	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		Largo	Ancho	Altura	V _o (mm ³)	Largo	Ancho	Altura	V _f (mm ³)		
Construcción 0.60	m1	52.12	49.93	51.33	133552.52	52.95	51.17	51.42	139306.38	4	4
	m2	52.31	51.34	50.85	136562.53	52.56	52.19	51.26	140598.16	3	
	m3	52.39	51.34	51.33	138022.37	52.86	52.84	51.81	144684.29	5	
Construcción 0.70	m1	50.62	50.17	50.31	127742.20	51.85	50.81	50.43	132831.87	4	5
	m2	50.74	50.62	50.47	129604.50	51.90	52.79	50.42	138127.46	7	
	m3	50.68	51.31	50.54	131397.98	52.13	52.24	50.50	137525.20	5	
Cerámico 0.60	m1	51.80	50.11	50.08	129954.06	52.39	51.80	50.31	136517.81	5	4
	m2	51.53	50.00	50.31	129585.30	52.05	51.06	50.16	133296.07	3	
	m3	51.23	51.05	50.12	131052.54	51.81	52.17	50.48	136404.03	4	
Cerámico 0.70	m1	51.41	50.38	50.84	131664.35	51.75	51.26	50.24	133246.02	1	0
	m2	51.40	51.73	50.75	134914.12	51.82	51.55	50.40	134621.59	0	
	m3	51.32	51.11	50.85	133338.63	51.66	51.14	50.51	133441.99	0	

Tabla N° 64: Datos de cambio volumétrico para el yeso Martell.

Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Dimensiones finales (mm)			Vol final	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		Largo	Ancho	Altura	V _o (mm ³)	Largo	Ancho	Altura	V _f (mm ³)		
Martell 0.60	m1	51.54	50.26	51.20	132602.36	52.06	50.51	50.58	132976.73	0	0
	m2	52.16	50.26	51.11	133974.91	52.48	50.65	50.57	134420.72	0	
	m3	52.43	51.74	50.97	138254.57	52.73	51.92	50.27	137599.53	0	
Martell 0.70	m1	52.12	49.93	51.33	133552.52	51.75	49.93	50.37	130136.99	-3	-3
	m2	52.31	51.34	50.85	136562.53	51.88	50.82	50.10	132051.83	-3	
	m3	52.39	51.34	51.33	138022.37	51.90	51.52	50.15	134069.55	-3	

Tabla N° 65: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal I

Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Dimensiones finales (mm)			Vol final	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		Largo	Ancho	Altura	V _o (mm ³)	Largo	Ancho	Altura	V _f (mm ³)		
Artesanal I 0.60	m1	50.68	51.31	50.54	127742.20	52.64	51.54	50.39	136697.81	7	5
	m2	50.82	50.79	49.93	129604.50	51.67	51.48	50.30	133770.28	3	
	m3	51.04	51.17	50.00	131397.98	51.11	51.32	51.79	135816.84	3	
Artesanal I 0.70	m1	51.23	51.05	50.12	131052.54	50.70	50.62	50.37	129245.70	-1	2
	m2	51.13	50.67	50.14	129862.09	51.04	51.72	50.14	132333.25	2	
	m3	50.95	50.07	50.21	128063.69	51.18	51.86	50.18	133174.22	4	

Tabla N° 66: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal II.

Tipo de yeso	Réplicas	Vol inicial			V _o (mm ³)	Vol final			V _f (mm ³)	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		L (mm)	A (mm)	H (mm)		L (mm)	A (mm)	H (mm)			
Artesanal II 0.60	m1	51.54	50.26	51.20	132602.36	52.81	51.31	51.41	139291.16	5	4
	m2	52.60	51.21	51.70	139248.26	53.71	52.02	51.53	143960.55	3	
	m3	52.51	51.62	51.40	139296.28	53.58	52.83	51.62	146089.73	5	
Artesanal II 0.70	m1	52.12	49.93	51.33	133552.52	53.23	51.20	51.50	140329.97	5	5
	m2	52.31	51.34	50.85	136562.53	53.43	52.15	51.75	144167.56	6	
	m3	52.12	51.32	51.60	138019.60	53.11	52.30	51.86	144035.52	4	

Tabla N° 67: Datos de cambio volumétrico para el yeso Artesanal III.

Tipo de yeso	Réplicas	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Dimensiones iniciales (mm)			Vol inicial	Expansión (%)	Expansión promedio (%)
		Largo	Ancho	Altura	V _o (mm ³)	Largo	Ancho	Altura	V _f (mm ³)		
Artesanal III 0.60	m1	51.54	50.26	51.20	132602.36	52.29	52.33	51.07	139717.63	5	3
	m2	52.16	50.26	51.11	133974.91	52.76	50.78	51.36	137561.31	3	
	m3	52.43	51.74	50.97	138254.57	52.95	52.17	50.91	140606.57	2	
Artesanal III 0.70	m1	52.12	49.93	51.33	133552.52	52.32	50.54	51.18	135319.47	1	1
	m2	52.31	51.34	50.85	136562.53	52.50	51.49	50.83	137391.84	1	
	m3	52.39	51.34	51.33	138022.37	52.51	52.29	51.14	140403.82	2	

APÉNDICE N° 05: Cálculo de materiales y análisis de costos

Se realizó el cálculo de materiales y análisis de costos con el yeso Martell considerando que en los ensayos de esta investigación obtuvo mejores propiedades.

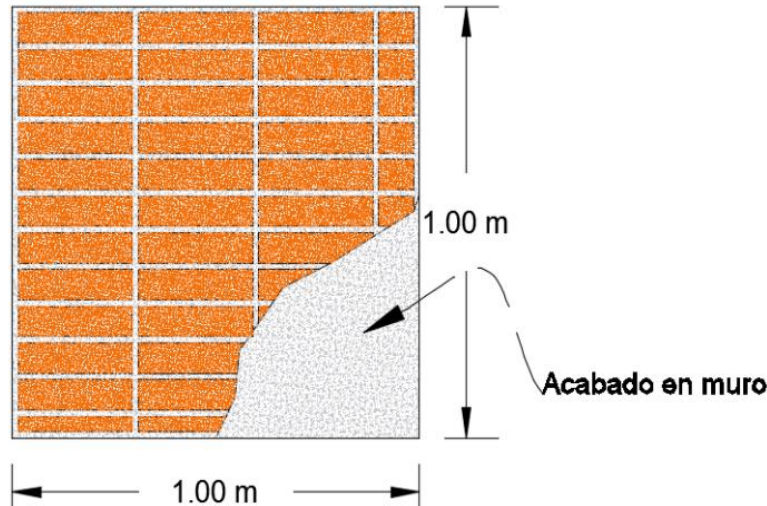


Figura N° 38: Muro para el cálculo de mortero para revestimiento por m².

Espesor de revestimiento: 1.5 cm

Cálculo de materiales

Mortero de yeso y agua relación a/y 0.70

Para un cubo según su proporción de materiales, se necesita:

Tabla N° 68: Cantidad de materiales por cubo de mortero.

Relación a/y	Yeso (g)	Agua (g)
0.70	150	105

$$\text{Volumen de mortero para 1 cubo} = 0.05 \times 0.05 \times 0.05 = 0.000125 \text{ m}^3$$

Cada bolsa de yeso Martell contiene 18 kg. Para el cálculo de materiales por metro cuadrado tenemos:

$$\text{Volumen de mezcla por m}^2 = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.015 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Desperdicio} = 10\%$$

$$\text{Cantidad de yeso para } 0.015 \text{ m}^3 =$$

$$150 \text{ g} \frac{\quad}{0.000125 \text{ m}^3}$$

$$x \frac{\quad}{0.015 \text{ m}^3}$$

$$x = \frac{150 \text{ g} \times 0.015 \text{ m}^3}{0.000125 \text{ m}^3} = 18\,000 \text{ g}$$

$$\text{Entonces: } \frac{18000 \text{ g}}{1000 \text{ g}} = 18 \text{ kg} \times 1.1 = 1.10 \text{ bolsa de yeso.}$$

Cantidad de agua para $0.015 \text{ m}^3 =$

$$\begin{array}{r}
 105 \text{ g} \quad \text{-----} \quad 0.000125 \text{ m}^3 \\
 x \quad \text{-----} \quad 0.015 \text{ m}^3 \\
 x = \frac{105 \text{ g} \times 0.015 \text{ m}^3}{0.000125 \text{ m}^3} = 12\,600 \text{ g}
 \end{array}$$

Entonces: $\frac{12\,600 \text{ g}}{1000 \text{ g}} = 12.6 \text{ kg} \times 1.1 = 0.01386 \text{ m}^3$

Mortero de cemento:arena 1:5

Según CAPECO, por m^3 de mortero para una dosificación cemento: arena de 1:5 y una relación agua: cemento de 0.85 se requiere 7.4 bolsas de cemento, 1.05 m^3 de arena (Peso específico= 1600 kg/m^3) y 268 litros de agua.

Materiales por m^2 :

Cemento= $7.4 \times 0.015 \times 1.1 = 0.1221 \text{ bls/m}^2$

Arena= $1.05 \times 0.015 \times 1.1 = 0.0173 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Arena= $0.268 \times 0.015 \times 1.1 = 0.0044 \text{ m}^3/\text{m}^2$

APÉNDICE N° 06: Procedimiento estadístico de los datos

Se empleó el programa SPSS para probar la normalidad de los datos. Para la elección de la prueba estadística de la validación de la hipótesis se tomó en cuenta que el estudio es transversal porque se evaluó dos grupos en un mismo momento en donde dentro de estas variables independientes hay más de dos grupos. La variable aleatoria es numérica estando dentro de pruebas paramétricas por lo tanto se realizó el análisis de varianza (ANAVA).

Análisis de varianza (ANAVA)

Grados de Libertad (G.L)

G.L de las variables independientes

Tipos de yeso (A)

$$G.L = a - 1$$

$$G.L = 8 - 1 = 7$$

Relación agua/yeso (B)

$$G.L = b - 1$$

$$G.L = 2 - 1 = 1$$

G.L de las variables conjugadas (A x B)

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

$$G.L = (8 - 1) \times (2 - 1) = 7$$

G.L del error

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

$$G.L = 8 \times 2 \times (3 - 1) = 32$$

Nivel de significancia: En ingeniería se trabaja 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 tablas (Tabla N° 69), asimismo, $v_1 = a - 1$, $v_2 = a(n - 1)$, donde "a" es el número de niveles, y "n" el número de réplicas.

Tabla N° 69: Puntos porcentuales de la distribución $F_{0.05, v_1, v_2}$

V ₂ \ V ₁	Grados de libertad del numerador (V ₁)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf.
2	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
3	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
4	10.73	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
5	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
6	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
7	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
8	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
9	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
10	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
11	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
12	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.52	2.49	2.45	2.40
13	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
14	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
15	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
16	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
17	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
18	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
19	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
20	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
21	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
22	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
23	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
24	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
25	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
26	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
27	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
28	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
29	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
30	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
40	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
60	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
120	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
Inf.	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
Inf.	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.85	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Cálculo del F teórico:

Grados de Libertad de A = 7

Grados de Libertad de B = 1

Grados de Libertad de A x B = 7

Grados de Libertad del Error = 32

F _{TEORICO}	Valor
A	2.31
B	4.15
AxB	2.31

- Compresión

Hipótesis

H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Datos previos:

SPSS- Shapiro Wilk

Tabla N° 70: Prueba de normalidad para la compresión.

Ensayo	Relación a/y	Significancia	Símbolo	Error
Compresión	0.60	0.051	>	0.05
	0.70	0.055	>	0.05

- La variable se comporta normalmente.

Cálculo de la F experimental para los valores de compresión

Tabla N° 71: F experimental para la compresión.

Tipo de yeso	r a/y	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Resistencia promedio (kg/cm ²)
		Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	
J.C construcción	0.60	51.69	46.02	41.91	47
	0.70	27.69	25.78	27.86	27
J.C cerámico	0.60	24.61	32.80	30.95	29
	0.70	21.94	21.37	22.53	22
Hades construcción	0.60	78.69	69.08	74.94	74
	0.70	59.79	70.42	70.52	67
Hades cerámico	0.60	16.43	15.97	12.77	15
	0.70	11.87	11.75	9.98	11
Martell	0.60	16.23	16.78	17.46	17
	0.70	13.72	12.70	11.37	13
Artesanal I	0.60	14.16	17.10	13.74	15
	0.70	10.68	10.36	10.28	10
Artesanal II	0.60	44.51	40.75	53.15	46
	0.70	29.12	31.65	28.80	30
Artesanal III	0.60	16.39	15.88	16.47	16
	0.70	9.97	9.40	10.31	10

Análisis de varianza

Tabla N° 72: Estimación de Y_j y Y_i para compresión

Relación a/y	Sumatoria de resistencia a la compresión								Yj
	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	
0.60	139.6	88.3	222.7	45.2	50.5	45.0	138.4	48.7	778.5
0.70	81.3	65.8	200.7	33.6	37.8	31.3	89.6	29.7	569.8
Yi	221.0	154.2	423.4	78.8	88.3	76.3	228.0	78.4	1348.3

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

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

$$SS_A = \frac{(221.0^2 + 154.2^2 + 423.4^2 + 78.8^2 + 88.3^2 + 76.3^2 + 228.0^2 + 78.4^2)}{2x3} - \frac{1348.3^2}{8x2x3}$$

$$SS_A = 54972.11 - 37874.53 = 17097.58$$

Suma de cuadrados para el factor B

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

$$SS_B = \frac{(778.5^2 + 569.8^2)}{8x3} - \frac{1348.3^2}{8x2x3}$$

$$SS_B = 38781.50 - 37874.53 = 906.97$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(139.6^2 + 88.3^2 + 222.7^2 \dots + 89.6^2 + 29.7^2)}{3} - \frac{1348.3^2}{8x2x3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 56242.14 - 37874.53 = 18367.61$$

Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 18367.61 - 17097.58 - 906.97 = 363.06$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_T = (51.69^2 + 46.02^2 + 41.91^2 \dots + 9.40^2 + 10.31^2) - \frac{1348.3^2}{8 \times 2 \times 3}$$

$$SS_T = 56560.38 - 37874.53 = 18685.85$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 18685.85 - 17097.58 - 906.97 - 363.06 = 318.24$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

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

$$MS_A = \frac{17097.58}{7} = 2442.51$$

Media de los cuadrados del factor B

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

$$MS_B = \frac{906.97}{1} = 906.97$$

Media de la interacción de factores AxB

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

$$MS_{AxB} = \frac{363.06}{(7 \times 1)} = 51.87$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(ab) \times (n - 1)}$$

$$MS_E = \frac{318.24}{(8 \times 2 \times 2)} = 9.95$$

F₀ experimental

Cálculo del F₀ (A)

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

$$F_0(A) = \frac{2442.51}{9.95} = 245.60$$

Cálculo del $F_0(B)$

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

$$F_0(B) = \frac{906.97}{9.95} = 91.20$$

Cálculo del $F_0(AxB)$

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{Axb}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{51.87}{9.95} = 5.22$$

Tabla N° 73: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de compresión.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	7	17097.58	2442.51	245.60	2.31
B	1	906.97	906.97	91.20	4.15
AxB	7	363.06	51.87	5.22	2.31
Error	32	318.24	9.95	-	-

Como el F experimental > F teórico

Se acepta: H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Y se rechaza H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el incremento de la compresión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

- Densidad

Hipótesis

H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el aumento de la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el aumento de la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Datos previos:

SPSS- Shapiro Wilk

Tabla N° 74: Prueba de normalidad para la densidad.

Ensayo	Relación a/y	Significancia	Símbolo	Error
Densidad	0.60	0.085	>	$\alpha=0.05$
	0.70	0.603	>	$\alpha=0.05$

- La variable se comporta normalmente.

Cálculo de la F experimental para los valores de densidad.

Tabla N° 75: F experimental para la densidad.

Tipo de yeso	r a/y	Densidad global (g/cm ³)			Densidad promedio (g/cm ³)
		Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	
J.C construcción	0.60	1.04	1.05	1.09	1.06
	0.70	0.96	0.94	1.00	0.97
J.C cerámico	0.60	1.05	1.03	1.05	1.04
	0.70	0.98	0.96	1.02	0.99
Hades construcción	0.60	1.09	1.08	1.08	1.08
	0.70	1.02	1.04	1.08	1.05
Hades cerámico	0.60	1.06	1.04	1.09	1.06
	0.70	0.95	0.95	0.98	0.96
Martell	0.60	1.10	1.10	1.14	1.11
	0.70	0.96	0.91	0.96	0.94
Artesanal I	0.60	1.05	1.00	1.06	1.04
	0.70	0.95	0.92	0.99	0.95
Artesanal II	0.60	1.03	1.01	1.10	1.05
	0.70	0.97	0.96	1.04	0.99
Artesanal III	0.60	1.02	1.04	1.08	1.05
	0.70	0.89	0.88	0.99	0.92

Análisis de varianza

Tabla N° 76: Estimación de Yj y Yi para densidad.

Relación a/y	Sumatoria de la densidad								
	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	Yj
0.60	3.2	3.1	3.3	3.2	3.3	3.1	3.1	3.1	25.5
0.70	2.9	3.0	3.1	2.9	2.8	2.9	3.0	2.8	23.3
Yi	6.1	6.1	6.4	6.1	6.2	6.0	6.1	5.9	48.8

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = 0.02$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = 0.10$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = 0.14$$

Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = 0.02$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = 0.18$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = 0.03$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = 0.004$$

Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = 0.10$$

Media de la interacción de factores Ax B

$$MS_{Ax B} = 0.003$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = 0.001$$

F₀ experimental

Cálculo del F₀ (A)

$$F_0(A) = 3.30$$

Cálculo del F₀ (B)

$$F_0(B) = 93.18$$

Cálculo del F₀ (Ax B)

$$F_0(Ax B) = 2.63$$

Tabla N° 77: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de densidad.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	7	0.02	0.004	3.30	2.31
B	1	0.10	0.10	93.18	4.15
AxB	7	0.02	0.003	2.63	2.31
Error	32	0.03	0.001	-	-

Como el F experimental > F teórico

Se acepta: H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el aumento de la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Y se rechaza H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el aumento de la densidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

- **Porosidad**
Hipótesis

H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Datos previos:

SPSS- Shapiro Wilk

Tabla N° 78: Prueba de normalidad para la porosidad.

Ensayo	Relación a/y	Significancia	Símbolo	Error
Porosidad	0.60	0.08	>	$\alpha=0.05$
	0.70	0.061	>	$\alpha=0.05$

- La variable se comporta normalmente.

Cálculo de la F experimental para los valores de porosidad.

Tabla N° 79: F experimental para la porosidad.

Tipo de yeso	r a/y	Porosidad (%)			Porosidad promedio (%)
		Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	
J.C construcción	0.60	46.96	44.31	37.84	43
	0.70	49.82	46.34	40.44	46
J.C cerámico	0.60	51.28	43.79	38.43	45
	0.70	53.42	49.52	42.79	49
Hades construcción	0.60	40.28	35.72	30.06	35
	0.70	42.23	39.56	32.85	38
Hades cerámico	0.60	51.73	46.63	42.93	47
	0.70	54.96	52.45	46.27	51
Martell	0.60	49.80	48.72	39.09	46
	0.70	52.46	53.00	43.46	50
Artesanal I	0.60	45.38	46.16	41.46	44
	0.70	50.56	51.02	44.40	49
Artesanal II	0.60	43.19	45.14	35.37	41
	0.70	50.13	49.69	39.94	47
Artesanal III	0.60	48.79	47.78	38.50	45
	0.70	52.73	52.76	41.97	49

Análisis de varianza

Tabla N° 80: Estimación de Yj y Yi para porosidad.

Relación a/y	Tipo de yeso								Yj
	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	
0.60	129.1	133.5	106.1	141.3	137.6	133.0	123.7	135.1	1039.3
0.70	136.6	145.7	114.6	153.7	148.9	146.0	139.8	147.5	1132.8
Yi	265.7	279.2	220.7	295.0	286.5	279.0	263.5	282.5	2172.1

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = 615.49$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = 181.86$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = 805.59$$

Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = 8.25$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = 1642.48$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = 836.89$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = 87.93$$

Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = 181.86$$

Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = 1.18$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = 26.15$$

F₀ experimental

Cálculo del F₀ (A)

$$F_0(A) = 3.36$$

Cálculo del F₀ (B)

$$F_0(B) = 6.95$$

Cálculo del F_0 (AxB)

$$F_0(AxB) = 2.87$$

Tabla N° 81: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de porosidad.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	7	615.49	87.93	3.36	2.31
B	1	181.86	181.86	6.95	4.15
AxB	7	8.25	1.18	2.87	2.31
Error	32	836.89	26.15	-	-

Como el F experimental > F teórico

Se acepta: H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Y se rechaza H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el incremento de la porosidad para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

- **Fraguado
Hipótesis**

H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Datos previos:

SPSS- Shapiro Wilk

Tabla N° 82: Prueba de normalidad para el fraguado.

Ensayo	Relación a/y	Significancia	Símbolo	Error
Fraguado	0.60	0.589	>	$\alpha=0.05$
	0.70	0.237	>	$\alpha=0.05$

- La variable se comporta normalmente.

Cálculo de la F experimental para los valores de fraguado.

Tabla N° 83: F experimental para el fraguado.

Tipo de yeso	r a/y	Fraguado (min)			Fraguado promedio (min)
		Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	
J.C construcción	0.60	30	29	30	30
	0.70	60	59	60	60
J.C cerámico	0.60	40	40	40	40
	0.70	36	36	35	36
Hades construcción	0.60	14	15	15	15
	0.70	10	10	11	10
Hades cerámico	0.60	12	11	11	11
	0.70	39	38	39	39
Martell	0.60	40	41	40	40
	0.70	59	59	64	61
Artesanal I	0.60	26	26	28	27
	0.70	36	39	38	38
Artesanal II	0.60	45	45	45	45
	0.70	64	65	65	65
Artesanal III	0.60	25	23	28	25
	0.70	55	53	56	55

Análisis de varianza

Tabla N° 84: Estimación de Yj y Yi para fraguado.

Relación a/y	Tipo de yeso								Yj
	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	
0.60	89.0	120.0	44.0	34.0	121.0	80.0	135.0	76.0	699.0
0.70	179.0	107.0	31.0	116.0	182.0	113.0	194.0	164.0	1086.0
Yi	268.0	227.0	75.0	150.0	303.0	193.0	329.0	240.0	1785.0

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = 8016.48$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = 3120.19$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = 13215.98$$

Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = 2079.31$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = 13263.31$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = 47.33$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = 1145.21$$

Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = 3120.19$$

Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = 297.04$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = 1.48$$

F₀ experimental

Cálculo del F₀ (A)

$$F_0(A) = 774.23$$

Cálculo del F₀ (B)

$$F_0(B) = 2109.42$$

Cálculo del F₀ (AxB)

$$F_0(AxB) = 200.82$$

Tabla N° 85: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de fraguado.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	7	8016.48	1145.21	774.23	2.31
B	1	3120.19	3120.19	2109.42	4.15
AxB	7	2079.31	297.04	200.82	2.31
Error	32	47.33	1.48	-	-

Como el F experimental > F teórico

Se acepta: H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Y se rechaza H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en la rapidez del fraguado para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

- **Expansión
Hipótesis**

H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Datos previos:

SPSS- Shapiro Wilk

Tabla N° 86: Prueba de normalidad para la expansión.

Ensayo	Relación a/y	Significancia	Símbolo	Error
Expansión	0.60	0.056	>	$\alpha=0.05$
	0.70	0.391	>	$\alpha=0.05$

- La variable se comporta normalmente.

Cálculo de la F experimental para los valores de fraguado.

Tabla N° 87: F experimental para la expansión.

Tipo de yeso	r a/y	Expansión (%)			Expansión promedio (%)
		Muestra N° 01	Muestra N° 02	Muestra N° 03	
J.C construcción	0.60	2.52	5.85	2.89	3.76
	0.70	3.92	4.56	4.36	4.28
J.C cerámico	0.60	2.26	0.51	3.40	2.06
	0.70	0.82	0.05	-0.30	0.19
Hades construcción	0.60	4.31	2.96	4.83	4.03
	0.70	3.98	6.58	4.66	5.07
Hades cerámico	0.60	5.05	2.86	4.08	4.00
	0.70	1.20	-0.22	0.08	0.35
Martell	0.60	0.28	0.33	-0.47	0.05
	0.70	-2.56	-3.30	-2.86	-2.91
Artesanal I	0.60	7.01	3.21	3.36	4.53
	0.70	-1.38	1.90	3.99	1.50
Artesanal II	0.60	5.04	3.38	4.88	4.44
	0.70	5.07	5.57	4.36	5.00
Artesanal III	0.60	5.37	2.68	1.70	3.25
	0.70	1.32	0.61	1.73	1.22

Análisis de varianza

Tabla N° 88: Estimación de Y_j y Y_i para expansión.

Relación a/y	Tipo de yeso								Yj
	J.C construcción	J.C cerámico	Hades construcción	Hades cerámico	Martell	Artesanal I	Artesanal II	Artesanal III	
0.60	11.3	6.2	12.1	12.0	0.1	13.6	13.3	9.7	78.3
0.70	12.8	0.6	15.2	1.1	-8.7	4.5	15.0	3.7	44.2
Yi	24.1	6.7	27.3	13.1	-8.6	18.1	28.3	13.4	122.5

Suma de cuadrados

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = 175.20$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = 24.29$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = 235.88$$

Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = 36.39$$

Suma de cuadrados totales

$$SS_T = 291.51$$

Suma de cuadrados del error

$$SS_E = 55.63$$

Media de cuadrados

Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = 25.03$$

Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = 24.29$$

Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = 5.20$$

Media de los cuadrados del error

$$MS_E = 1.74$$

F₀ experimental

Cálculo del F₀ (A)

$$F_0(A) = 14.40$$

Cálculo del F₀ (B)

$$F_0(B) = 13.97$$

Cálculo del F₀ (AxB)

$$F_0(AxB) = 2.99$$

Tabla N° 89: Resumen del análisis ANAVA para los resultados de expansión.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	7	175.20	25.03	14.40	2.31
B	1	24.29	24.29	13.97	4.15
AxB	7	36.39	5.20	2.99	2.31
Error	32	55.63	1.74	-	-

Como el F experimental > F teórico

Se acepta: H1: El tipo y la relación agua/yeso influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

Y se rechaza H0: El tipo y la relación agua/yeso no influyen en el incremento de la expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Ficha técnica del yeso Hades construcción.



Catálogo Yeso



Yeso para construcción Bolsa x 18 kg
Ares 16862

DESCRIPCIÓN

Ares y Promart se unen para ayudarte con los acabados de tu casa. Por eso, en esta ocasión, te ofrecen el yeso de construcción en presentación de 18 kilogramos, para que realices el recubrimiento y resanes las paredes de tu casa con mayor facilidad y eficacia, ya seas un experto o no en esta actividad. ¡Con la calidad y confianza que solo Ares te ofrece!

FICHA TÉCNICA

Marca Ares	Tipo Yesos
Usos Recubrimiento de paredes	Durabilidad Medio
Envase Embolsado	Granulometría Fina
Peso con Empaque 18 k	Resistencia Medio
Procedencia Perú	¿Dónde usarlo? Ideal para el recubrimiento de paredes.
¿Cómo usarlo? Echar por capas en las paredes de la vivienda u oficina.	Recomendaciones de uso No colocar en cantidades excesivas.

ANEXO N° 02: Ficha técnica del yeso Hades cerámico



Catálogo Preparación de superficies



Yeso cerámico 20kg

Ares 16855

DESCRIPCIÓN

Ideal para la preparación de moldes, reproducción de esculturas y otras aplicaciones en construcción.

FICHA TÉCNICA

Marca Ares	Color Blanco
Usos/Características Preparación de moldes, reproducción de estructuras y otras aplicaciones en construcción.	Capacidad/Peso 20 kg
Peso con Empaque -	Secado 30 minutos según uso al tacto
Procedencia Nacional	

ANEXO N° 03: Ficha técnica del yeso Martell.



FICHA TÉCNICA “YESO DE CONSTRUCCIÓN”

DESCRIPCIÓN:

Conglomerante obtenido por deshidratación controlada a partir de yeso natural de roca (Sulfato de Calcio Dihidratado) de máxima pureza.

CARACTERÍSTICAS:

Aspecto	:	Polvo
Color	:	Blanco
Olor	:	Inodoro
CaSO ₄ .2H ₂ O	:	89%
Tiempo de Fraguado	:	3,5 minutos
Tiempo Final	:	26 - 29 minutos

PROPIEDADES:

- Para fabricar molduras, cielos rasos.
- Para neutralizar suelos alcalinos y salinos.
- Para mejorar la calidad del agua

CONSTRUCCIÓN:

- En productos prefabricados como bases de revestimiento planchas de yeso; láminas de yeso, placas acústicas, cartón enyesado para revestir casas y tablas de fibra prensada para paredes.
- En fabricación de tabiques, para aislar mezclas usadas como resanes en tuberías, calderas, techos y como absorbente de aceites de pisos en fábricas, como relleno

PRESENTACIÓN:

Sacox 17 Kg
Bolsa x 1 Kg

LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTA INFORMACION ESTAN BASADOS EN NUESTROS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA TECNICA .ESTA NO PRESUPONE NINGUNA GARANTÍA, SON NUESTROS CLIENTES QUIENES DEBERAN HACER PRUEBAS PREVIAS ANTES DE APLICARLOS PARA USO PROPIO ASIMISMO ESTAMOS A SU DISPOSICION PARA ATENDERLOS CON NUESTRO ASESOR TÉCNICO

ANEXO N° 04: Normativa

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 339.185
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-08-07

2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24

Precio basado en 08 páginas

IC.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

norma española

UNE-EN 13279-2

Marzo 2006

TÍTULO

Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción

Parte 2: Métodos de ensayo

Gypsum binders and gypsum plasters. Part 2: Test methods.

Plâtres et enduits à base de plâtre pour le bâtiment. Partie 2: Méthodes d'essai.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13279-2 de julio de 2004.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE 102031 de febrero de 1982, UNE 102031 de septiembre de 1999 y UNE 102031 Erratum de enero de 2003.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 102 *Yeso y Productos a Base de Yeso* cuya Secretaría desempeña ATEDY.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 12743/2006

© AENOR 2006
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

23 Páginas

Grupo 16

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3638:2000**

**YESO.
CONSTRUCCIÓN Y MOLDEO.
REQUISITOS**



DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO


El Peruano

FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO

Viernes 7 de abril de 2017

**MINISTERIO DE VIVIENDA,
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

**NORMA E.080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CON TIERRA REFORZADA**

**ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL
Nº 121-2017-VIVIENDA**

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

**ANEXO N° 05: Panel fotográfico.
Materia prima empleada**



Figura N° 39: Yeso J.C construcción.



Figura N° 42: Yeso Hades cerámico



Figura N° 40: Yeso J.C cerámico



Figura N° 43: Yeso Martell



Figura N° 41: Yeso Hades construcción..



Figura N° 44: Yeso artesanal I



Figura N° 45: Yeso artesanal II.



Figura N° 46: Yeso artesanal III.

Caracterización de materia prima



Figura N° 47: Granulometría por lavado.



Figura N° 48: Tamizado de muestras de yeso.

Control de pH y conductividad



Figura N° 49: Control de pH de yesos.



Figura N° 50: Control de conductividad de yesos.

Conformación y desmolde de probetas



Figura N° 51: Conformado de probetas..



Figura N° 52: Desmolde de probetas.

Codificación y toma de datos iniciales



Figura N° 53: Registro de datos después de desmolde.

Control diario de dimensiones (ensayo de expansión)



Figura N° 54: Registro de medidas diarias para control de expansión.

Ensayos físicos

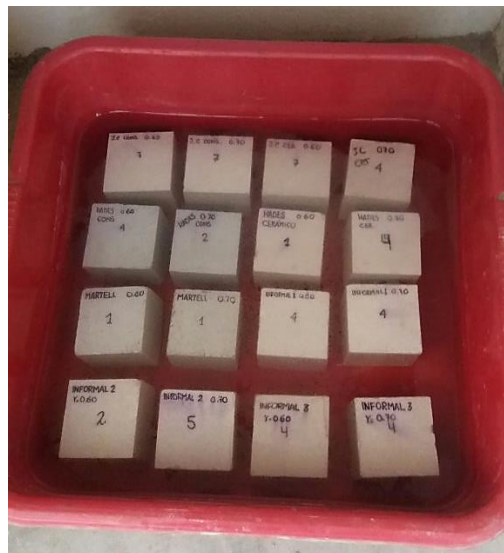


Figura N° 55: Probetas sumergidas para ensayos físicos.



Figura N° 56: Equipo de Arquímedes para ensayos físicos.

Ensayo mecánico



Figura N° 57: Ensayo de resistencia a la compresión.

ANEXO N° 06: Informe de análisis por difracción de rayos X (DRX)



INFORME DE RESULTADOS

Para:

Srta. Elisa Zoraida Briones Gatica

ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Los Resultados y Difractogramas presentados, corresponde a las muestras:

- YESO ARTESANAL I
- YESO DE CONSTRUCCION HADES

Observaciones:

1. 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

2. Las fases encontradas se presentan en las siguientes tablas:

Muestra YESO ARTESANAL I

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Basanita	CaSO ₄ ·0.5(H ₂ O)	60
Yeso	CaSO ₄ ·2(H ₂ O)	24
Anhidrita	CaSO ₄	13
Cuarzo	SiO ₂	< L. D.

Muestra YESO CONSTRUCCION HADES

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Basanita	CaSO ₄ ·0.5(H ₂ O)	43
Anhidrita	CaSO ₄	37
Calcita	CaCO ₃	9
Yeso	CaSO ₄ ·2(H ₂ O)	5
Cuarzo	SiO ₂	2
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	2

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



Condiciones de operación y análisis:

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 YESO ARTESANAL I con los respectivos minerales identificados.

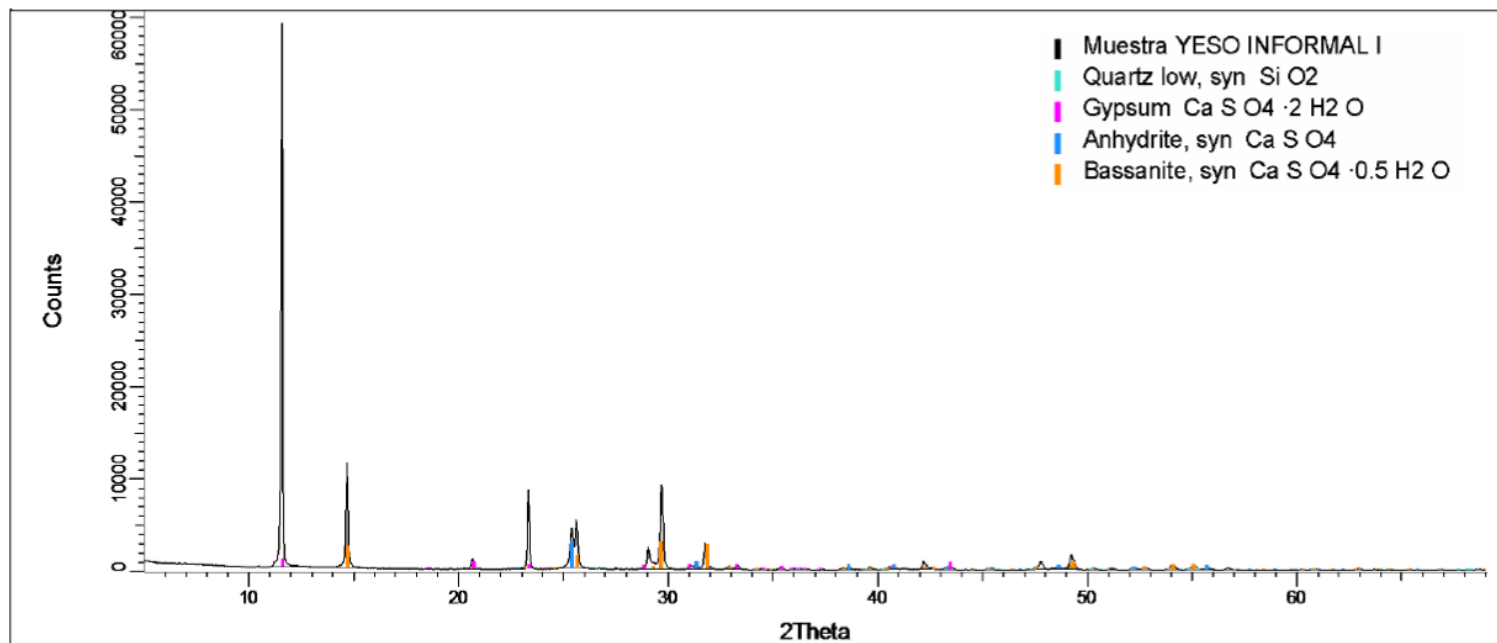
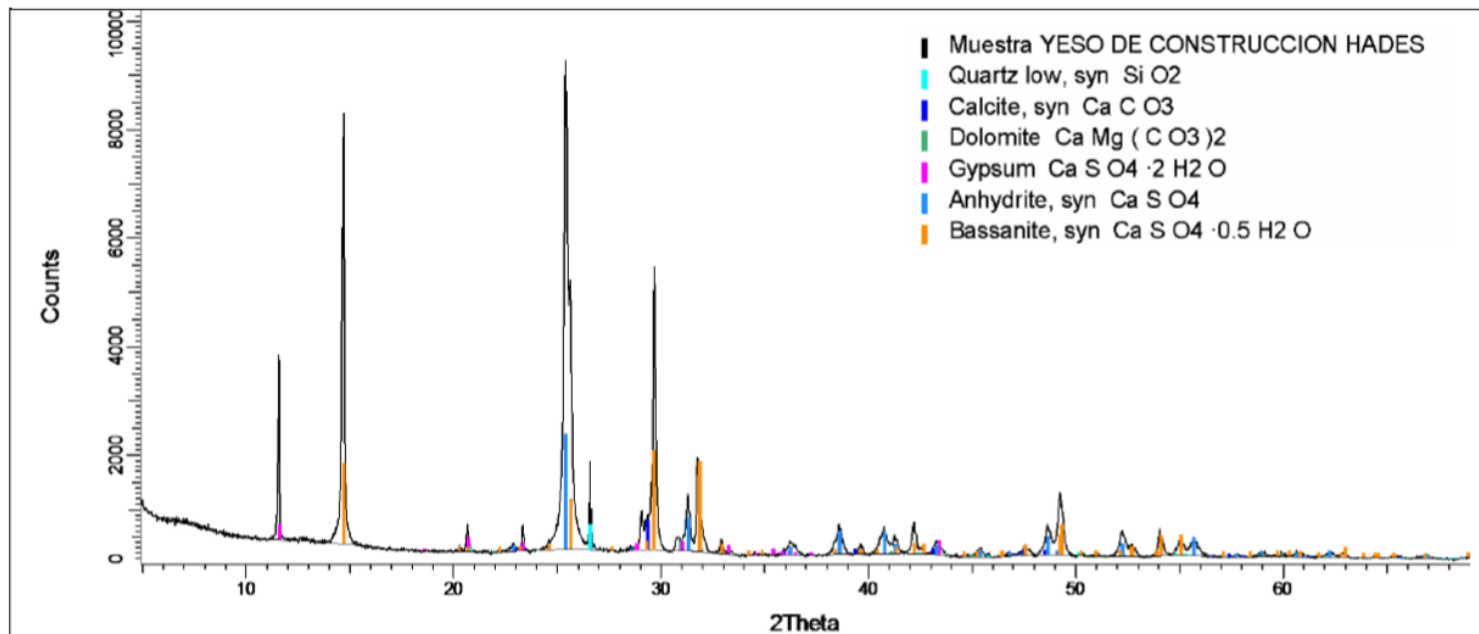




Figura 2. Difractograma de la MUESTRA YESO DE CONSTRUCCION HADES con los respectivos minerales identificados.



ANEXO N° 07: Certificados de calibración de equipos

METROTEC		METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
Área de Metrología <i>Laboratorio de Masas</i>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 203 - 2017
		Página 1 de 4
1. Expediente	17086	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
3. Dirección	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	4100 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	PAJ4102	
Número de Serie	8332050515	
Capacidad mínima	0,50 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	1-011843 (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.	
5. Fecha de Calibración	2017-04-26	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2017-04-28		
Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ Telf.: (511) 540-0642 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282 RPM: *849272 / #971439282 / #942635342		email: metrologia@metrologiatecnicas.com ventas@metrologiatecnicas.com WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 201 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo de medición</p> <p> Capacidad Máxima</p> <p> División de escala (d)</p> <p> Div. de verificación (e)</p> <p> Clase de exactitud</p> <p> Marca</p> <p> Modelo</p> <p> Número de Serie</p> <p> Capacidad mínima</p> <p> Procedencia</p> <p> Identificación</p> <p> Ubicación</p> <p>5. Fecha de Calibración</p>	<p>17086</p> <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</p> <p>Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD</p> <p>BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p>15000 g</p> <p>0,5 g</p> <p>5,0 g</p> <p>III</p> <p>OHAUS</p> <p>R31P15</p> <p>8336420544</p> <p>10,0 g</p> <p>U.S.A.</p> <p>1-020409 (*)</p> <p>LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.</p> <p>2017-04-25</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2017-04-28

JUAN C. QUISEPÉ MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO N° 08: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Nacional de Trujillo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME N° 101/JUNIO18

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Solicitante / DNI: Elisa Zoraida Briones Gatica / 48056065

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

Investigación: "Influencia del tipo y la relación agua/yeso sobre la compresión, porosidad, densidad, fraguado y expansión para la conservación de edificaciones, Trujillo 2018"

I. MUESTRA:

Especímenes: Morteros de yeso, con una cantidad de 240 cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm de largo, ancho, y alto respectivamente, realizados del 25 de setiembre al 07 de noviembre.

Muestreo: Realizado por testista.

II. ENSAYOS A APLICAR

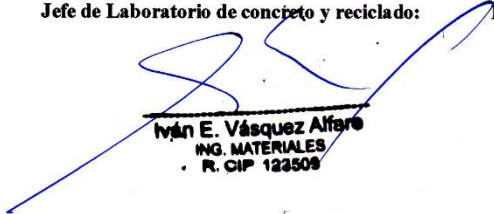
- **UNE-EN 13279-2:** Ensayo de tiempo de fraguado
- **ASTM C 373:** Ensayo de densidad y porosidad
- **UNE-EN 13279-2:** Ensayo de resistencia a compresión
- **UNE 80-112-89:** Ensayo de expansión en morteros

III. PARÁMETROS DEL EQUIPO: Se considera un error de $\pm 0.5\%$

Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad máxima
Ele International	Mode I: compresión	SI	0.05 KN/seg	2000 KN

Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123508

Trujillo, 12 de junio del 2018

ANEXO N° 09: Certificados de ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte.

CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Srta. Elisa Zoraida Briones Gatica, identificada con D.N.I N° 48056065, ha realizado ensayos de granulometría, humedad, y resistencia al calor de especímenes de mortero de yeso en las instalaciones del laboratorio de **Estructuras y Concreto** de esta universidad, requeridos para la tesis ***“Evaluación del Tipo y la Relación Agua/Yeso Sobre sus Propiedades Físicas y Mecánicas Para la Conservación de Edificaciones, Trujillo 2018”***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

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

Trujillo, 02 de abril del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

ANEXO N° 10: Fichas de observación.

Guía de observación de probetas cúbicas de morteros de yeso, Trujillo 2018

Guía N°: 01

Autor:

- Briones Gatica, Elisa Zoraida

1. Datos informativos:

- 1.1. Nombre del investigador: *Elisa Briones*
 1.2. Ubicación: *UPN - Trujillo*
 1.3. Fecha de la observación: *27/11/2017*
 1.4. Hora de la observación: *10:30 a.m.*

2. Datos específicos:

- 2.1. Relación agua/yeso:
 a) 0.60
 b) 0.70

- 2.2. Tipo de yeso:
 a) J.C. construcción
 b) J.C. cerámico
 c) Hades construcción
 d) Hades cerámico
 e) Artesanal I
 f) Artesanal II
 g) Artesanal III

- 2.3. Tipo de deterioro:
 a) Grietas
 b) Fisuras
 c) Desmoronamiento
 e) otros

2.4. Consistencia

- a) Suave
 b) Blanda
 c) Dura

2.5. Tiempo de curado (días)

- a) De 0 a 7
 b) De 7 a 15
 c) De 15 a 21
 d) De 21 a 28

2.6. Peso:

- a) Ligero
 b) Pesado

2.7. Medidas:

- a) Se contrae
 b) Se expande

2.8. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
 b) Poco
 c) Nada

2.9. Causas de los deterioros:

- a) Poca dosificación de yeso
 b) Mucha dosificación de agua
 c) Mala compactación
 d) Otros

Guía de observación de probetas cúbicas de morteros de yeso, Trujillo 2018

Guía N°: 02

Autor:

- Briones Gatica, Elisa Zoraida

1. Datos informativos:

- 1.1. Nombre del investigador: *Elisa Briones*
 1.2. Ubicación: *UPN - Trujillo*
 1.3. Fecha de la observación: *02/12/2017*
 1.4. Hora de la observación: *11:20 a.m.*

2. Datos específicos:

- 2.1. Relación agua/yeso:
 a) 0.60
 b) 0.70

- 2.2. Tipo de yeso:
 a) J.C. construcción
 b) J.C. cerámico
 c) Hades construcción
 d) Hades cerámico
 e) Artesanal I
 f) Artesanal II
 g) Artesanal III

- 2.3. Tipo de deterioro:
 a) Grietas
 b) Fisuras
 c) Desmoronamiento
 d) otros

2.4. Consistencia

- a) Suave
 b) Blanda
 c) Dura

2.5. Tiempo de curado (días)

- a) De 0 a 7
 b) De 7 a 15
 c) De 15 a 21
 d) De 21 a 28

2.6. Peso:

- a) Ligero
 b) Pesado

2.7. Medidas:

- a) Se contrae
 b) Se expande

2.8. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
 b) Poco
 c) Nada

2.9. Causas de los deterioros:

- a) Poca dosificación de yeso
 b) Mucha dosificación de agua
 c) Mala compactación
 d) Otros

Guía de observación de probetas cúbicas de morteros de yeso, Trujillo 2018

Guía N°: 03

Autor:

- Briones Gatica, Elisa Zoraida

1. Datos informativos:

- 1.1. Nombre del investigador: *Elisa Briones*
 1.2. Ubicación: *UPN - Trujillo*
 1.3. Fecha de la observación: *10/12/2017*
 1.4. Hora de la observación: *11:00am*

2. Datos específicos:

- 2.1. Relación agua/yeso:
 a) 0.60
 b) 0.70

- 2.2. Tipo de yeso:
 a) J.C. construcción
 b) J.C. cerámico
 c) Hades construcción
 d) Hades cerámico
 e) Artesanal I
 f) Artesanal II
 g) Artesanal III

- 2.3. Tipo de deterioro:
 a) Grietas
 b) Fisuras
 c) Desmoronamiento
 d) otros

2.4. Consistencia

- a) Suave
 b) Blanda
 c) Dura

2.5. Tiempo de curado (días)

- a) De 0 a 7
 b) De 7 a 15
 c) De 15 a 21
 d) De 21 a 28

2.6. Peso:

- a) Ligero
 b) Pesado

2.7. Medidas:

- a) Se contrae
 b) Se expande

2.8. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
 b) Poco
 c) Nada

2.9. Causas de los deterioros:

- a) Poca dosificación de yeso
 b) Mucha dosificación de agua
 c) Mala compactación
 d) Otros

Guía de observación de probetas cúbicas de morteros de yeso, Trujillo 2018

Guía N°: 04

Autor:

- Briones Gatica, Elisa Zoraida

1. Datos informativos:

- 1.1. Nombre del investigador: *Elisa Briones*
 1.2. Ubicación: *UPN - Trujillo*
 1.3. Fecha de la observación: *10/12/2017*
 1.4. Hora de la observación: *11:15 am*

2. Datos específicos:

- 2.1. Relación agua/yeso:
 a) 0.60
 b) 0.70

- 2.2. Tipo de yeso:
 a) J.C. construcción
 b) J.C. cerámico
 c) Hades construcción
 d) Hades cerámico
 e) Artesanal I
 f) Artesanal II
 g) Artesanal III

- 2.3. Tipo de deterioro:
 a) Grietas
 b) Fisuras
 c) Desmoronamiento
 e) otros

2.4. Consistencia

- a) Suave
 b) Blanda
 c) Dura

2.5. Tiempo de curado (días)

- a) De 0 a 7
 b) De 7 a 15
 c) De 15 a 21
 d) De 21 a 28

2.6. Peso:

- a) Ligero
 b) Pesado

2.7. Medidas:

- a) Se contrae
 b) Se expande

2.8. ¿Cuánto afecta los deterioros al mortero?:

- a) Mucho
 b) Poco
 c) Nada

2.9. Causas de los deterioros:

- a) Poca dosificación de yeso
 b) Mucha dosificación de agua
 c) Mala compactación
 d) Otros