



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

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

Presentado por:

BOZA QUISPE, Lucia

LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

Para optar al título profesional de
Ingeniero Civil

ASESOR: Mgt. Ing. Víctor Chacón
Sánchez

CUSCO – PERÚ

2017



Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi papá, la persona con los mejores consejos.

A mi mamá, por su interminable apoyo durante todos los días.

*A mis hermanos, porque con ellos siempre hay motivos para
sonreír y renovar las fuerzas cada día.*

Peter Valerio Loayza Velasque.



Dedicatoria

Dedicar el tema de investigación se convierte en una situación idílica por haber estado expuesta a diferentes circunstancias; mi familia evitó que desistiera en momentos de dualidad... Dedico esta investigación a mi hermosa madre y comprensivo padre como un acto de amor puro y carácter.

El proceso por el cual pasó esta tesis sustrajo levedad en mi perfil, mi tía y primo fueron aquellos que con una justa zafiedad me dieron lecciones de paciencia y cautela. Con mucho afecto les dedico mi tesis.

Anhelar un resguardo en los momentos de complejidad fue sobrellevado con el apoyo incondicional de amigos cercanos, el dedicarles mi tesis me es grato.

BOZA QUISPE, Lucia



Agradecimientos

Agradezco a mi familia, por ser ellos uno de los principales motivos y artífices en mi busca de superación personal.

De igual forma, agradezco a mi compañera de tesis Lucía, por su incansable dedicación para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente agradezco al Ing. Víctor Chacón, por la guía que nos brindó durante todo ese tiempo.

A todos ellos muchas gracias porque fueron parte importante para poder culminar esta investigación.

Peter Valerio Loayza Velasque.



Agradecimientos

“El hombre que no cree no existe”. Mi gratitud plena la expreso a Dios por facilitarme los recursos necesarios, sabiduría y voluntad para culminar con tareas que fueron necesarias durante el proceso de elaboración de la tesis.

El amor tiene color, así como el universo dimensiones. Mi mamá, papá, tía y primo fueron mi defensa interna, les agradezco de manera sincera por haber estado constantes en todo momento.

Le doy las gracias al Ing. Víctor Chacón por haber acompañado y guiado el presente trabajo. Agradezco a Peter, que compartió conmigo instantes complicados y agradables durante el tiempo de elaboración del presente tema de investigación.

Nada es circunstancial ni fortuito, les expreso mis sinceras gracias a todos mis amigos cercanos que me brindaron momentos maravillosos, plenos y hermosos durante el proceso de elaboración de la tesis.

BOZA QUISPE, Lucía



Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito determinar la influencia de la variación de la temperatura de cocción del yeso (130°C, 200°C, 500°C, 900°C y 1100°C) en sus propiedades físicas y mecánicas tomando como referencia la norma UNE. EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. Haciendo uso de la materia prima obtenida de la Cantera Orlando 2007. Para realizar la investigación primero se fabricó el yeso a diferentes temperaturas de calcinación, luego se determinó la relación agua/yeso conveniente que facilitó la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en los diferentes tipos de yeso. Se realizaron 36 unidades prismáticas utilizadas en el ensayo de resistencia a flexión, y los 2 trozos de cada unidad se reutilizaron en el ensayo de resistencia a compresión. De igual forma se fabricaron 36 unidades para el ensayo de Succión y finalmente se utilizó 7 kg de yeso pasante por la malla N° 50 para el ensayo de tiempo de fraguado. Al término de la investigación se llegó a la conclusión de que las propiedades físicas y mecánicas del yeso se ven afectadas significativamente por la variación de temperatura de cocción.

Palabras clave

Yeso, temperatura de cocción, propiedades físicas y mecánicas; Cantera Orlando 2007, unidades prismáticas de yeso, Resistencia a compresión, resistencia a flexión, tiempo de fraguado, periodo inicial de absorción, succión.



Abstract

This research work was made to determinate the influence of variation of calcination temperature of the gypsum (130 ° C, 200 ° C, 500 ° C, 900 ° C and 1100 ° C) in its physical and mechanical properties. Taking as reference the European Standard Norme UNE.EN 13279-2: Gypsum binders and gypsum plasters. Part 2: Test methods. Using the raw material obtained from the Orlando 2007 Quarry. To carry out this research, gypsum was first manufactured at different calcination temperatures. To make easier the evaluation of the physical and mechanical properties in the different types of gypsum a suitable water/gypsum ratio was disposed. Then 36 prismatic units were manufactured to used them in the flexural resistance test, and the 2 pieces of each unit were reused in the compression resistance test. Likewise, 36 units were manufactured for the suction test. And finally, 7 kg of gypsum that passed through the mesh #50 was used for the setting time test. At the end of the research the conclusión was that physical and mechanical properties of the gypsum are significantly affected by the variation of calcination temperature.

Key words:

Gypsum, calcination temperature, physical and mechanical properties, Orlando 2007 Quarry, gypsum prismatic units, compression resistance, flexural resistance, setting time, initial period of absorption, suction.



Introducción

En la ciudad del Cusco no existe un proceso industrializado para la fabricación del yeso, por esto el yeso que se usa para revestimientos es el mismo para otras aplicaciones.

Entre las características del yeso que indican su calidad como producto final están la pureza de la piedra de yeso, la finura de molienda, y la temperatura de cocción en el horno; siendo esta última objeto de investigación de la presente tesis.

En el Perú hoy en día no existe una norma que determine los parámetros de calidad del yeso, por esta razón en esta investigación se ha tomado como referencia la norma UNE 13279-2.

En las páginas a continuación se expondrá el sustento teórico relacionado con la influencia de la temperatura de cocción del yeso en sus propiedades físicas y mecánicas. Para obtener los datos de los ensayos que se muestran a continuación se utilizó equipos en laboratorio para simular la cocción en los hornos a temperaturas controladas predeterminadas. Finalmente se evaluó las propiedades físicas y mecánicas de los yesos obtenidos a diferentes temperaturas obteniendo resultados e interpretándolos para afirmar o negar las hipótesis en las conclusiones.



ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria i

Dedicatoria ii

Agradecimientos iii

Agradecimientos iv

Resumen v

Abstract..... vi

Introducción.....viii

Índice generalviii

Índice de tablasxi

Índice de figurasxiv

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Identificación del problema 1

1.1.1 Descripción del problema 1

1.1.2. Formulación del problema 3

1.2. Justificación e importancia de la investigación..... 4

1.2.1. Justificación técnica..... 4

1.2.2. Justificación social 4

1.2.3. Justificación por vialidad 4

1.2.4. Justificación por relevancia 4

1.3. Limitaciones de la investigación 5

1.3.1. Limitaciones instrumentales 5

1.4. Objetivos de la investigación 5

1.4.1. Objetivo General 5

1.4.2. Objetivos Específicos 5

1.5. Hipótesis 6

1.5.1. Hipótesis general 6

1.5.2. Sub Hipótesis..... 6

1.6. Definición de variables 6

1.6.1. Variables independientes 6

1.6.2. Variables dependientes..... 7

1.6.3. Cuadro de Operacionalización de Variables 8



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la tesis	9
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional	9
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional	10
2.2. Aspectos teórico pertinentes	13
2.2.1. El yeso	13
2.2.2. Evolución histórica de la producción de yeso	14
2.2.3. Aplicaciones del yeso	17
2.2.4. Proceso de fabricación del yeso.....	19
2.2.5. Deshidratación del yeso.....	25
2.2.6. Relación agua/yeso en el amasado.....	29
2.2.7. Hidratación: fraguado del yeso	30
2.2.8 Métodos de ensayo para yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción.....	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	40
3.1. Metodología de la tesis.....	40
3.1.1. Tipo de investigación.....	40
3.1.2. Nivel de investigación.....	40
3.1.3. Método de investigación	40
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.2.1 Diseño Metodológico	41
3.2.2 Diseño de Ingeniería.	41
3.3 Población y muestra.....	43
3.3.1 Población.....	43
3.3.2 Muestra.....	43
3.3.3. Criterios de Inclusión	44
3.4. Instrumentos.....	45
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	45
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	53
3.5. Procedimiento de recolección de datos.....	56
3.5.1. Ensayo de resistencia a compresión	56
3.5.2. Ensayo de resistencia a flexión	63



3.5.3. Determinación de los tiempos de fraguado (método del cuchillo)	70
3.5.4. Periodo inicial de absorción (succión)	78
3.6. Procedimientos de análisis de datos.....	87
3.6.1. Resistencia a compresión.....	87
3.6.1.5 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 1100°c.....	97
3.6.2. Resistencia a flexión.....	97
3.6.3. Determinación de los tiempos de fraguado (método del cuchillo)	104
3.6.4. Periodo inicial de absorción (succión)	113
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	122
4.1 Resultados de la resistencia a compresión.....	122
4.2 Resultados de la resistencia a flexión.....	122
4.3 Resultados del tiempo de fraguado.....	123
4.4 Resultados del periodo inicial de absorción (succión)	123
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	124
GLOSARIO	129
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS	135
ANEXOS	137
MATRIZ DE CONSISTENCIA	149



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Cuadro de operacionalización de variables.....	8
Tabla N° 2: Cantidad de muestras para ensayos físicos y mecánicos	44
Tabla N° 3: Equipos utilizados en el ensayo de resistencia a compresión	56
Tabla N° 4: Equipos utilizados en el ensayo de resistencia a flexión	63
Tabla N° 5: Equipos utilizados en el ensayo de determinación de tiempo de fraguado.....	70
Tabla N° 6: Equipos utilizados en el ensayo de periodo inicial de absorción (succión)	78
Tabla N° 7: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 130°C.....	88
Tabla N° 8: Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 130°C con datos aprobados	89
Tabla N° 9: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 200°C.....	90
Tabla N° 10: Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 200°C con datos aprobados	91
Tabla N° 11: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 500°C.....	92
Tabla N° 12: Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 500°C con datos aprobados	93
Tabla N° 13: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 900°C.....	94
Tabla N° 14: Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 900°C con datos aprobados	95
Tabla N° 15: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 130°C	98
Tabla N° 16: Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 130°C con datos aprobados.....	98
Tabla N° 17: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 200°C	99



Tabla N° 18: Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 200°C con datos aprobados..... 100

Tabla N° 19: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 500°C 101

Tabla N° 20: Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 500°C con datos aprobados..... 101

Tabla N° 21: Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 900°C 103

Tabla N° 22: Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 900°C con datos aprobados..... 103

Tabla N° 23: Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 130°C 105

Tabla N° 24: Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 130°C..... 106

Tabla N° 25: Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 200°C 107

Tabla N° 26: Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 200°C..... 107

Tabla N° 27: Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 500°C 108

Tabla N° 28: Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 500°C..... 109

Tabla N° 29: Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 900°C 110

Tabla N° 30: Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 900°C..... 111

Tabla N° 31: Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 1100°C .. 112

Tabla N° 32: Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 1100°C 112

Tabla N° 33: Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 130°C 114

Tabla N° 34: Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 130°C..... 115

Tabla N° 35: Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 200°C 116

Tabla N° 36: Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 200°C..... 117



Tabla N° 37: Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 500°c 118

Tabla N° 38: Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 500°c..... 118

Tabla N° 39: Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 900°c 119

Tabla N° 40: Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 900°c..... 120

Tabla N° 41: Cordenadas de la Cantera Orlando 2007 149

Tabla N° 42: Matriz de consistencia 149



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Horno artesanal en la cantera Orlando 2007	1
Figura 2. Horno artesanal en la cantera Orlando 2007	2
Figura 3. Interior del horno artesanal en la cantera Orlando 2007	2
Figura 4. Zona de trabajo – cantera Orlando 2007	3
Figura 5. Proceso de fabricación del yeso	19
Figura 6. Materia prima – cantera Orlando 2007.....	20
Figura 7. Evaluación de tamaños de la piedra aljez – cantera Orlando 2007 ..	21
Figura 8. Circuito de trituración	21
Figura 9. Trituración en cantera Orlando 2007.....	22
Figura 10. Horno en cantera Orlando 2007.....	23
Figura 11. Clasificación de hornos	23
Figura 12. Chancadora en cantera Orlando 2007	25
Figura 13. Flujograma de la tesis	42
Figura 14. Guía de observación del ensayo de determinación de la resistencia a compresión.....	45
Figura 15. Guía de observación del ensayo de determinación de la resistencia a flexión.....	46
Figura 16. Guía de observación del ensayo de determinación de los tiempos de fraguado	47
Figura 17. Guía de observación del ensayo periodo inicial de absorción (succión)	48
Figura 18. Instrumento de cálculo de la resistencia a compresión	49
Figura 19. Instrumento de cálculo de la resistencia a flexión	50
Figura 20. Instrumento de cálculo de los tiempos de fraguado	51
Figura 21. Guía de observación del ensayo periodo inicial de absorción (succión)	52
Figura 22. Equipo de CBR	53
Figura 23. Vernier	53
Figura 24. Placas para aplicación de carga	54
Figura 25. Rodillos para aplicación de carga	54
Figura 26. Placa de vidrio liso	55
Figura 27. Espátula	55



Figura 28. Balanza de precisión..... 55

Figura 29. Horno eléctrico..... 56

Figura 30. Medición de las longitudes de la unidad para ensayo a compresión
..... 57

Figura 31. Colocación de la unidad para ensayo a compresión..... 58

Figura 32. Muestras de yeso después del ensayo a compresión..... 58

Figura 33. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (130°c)..... 59

Figura 34. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (200°c)..... 60

Figura 35. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (500°c)..... 61

Figura 36. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (900°c)..... 62

Figura 37. Marcas de referencia para ensayo de flexión 64

Figura 38. Colocación de la muestra para ensayo a flexión..... 64

Figura 39. Falla de la unidad de muestreo en ensayo a flexión 65

Figura 40. Unidades fabricadas con yeso a 500°c luego del ensayo a flexión. 65

Figura 41. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (130°c) 66

Figura 42. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (200°c) 67

Figura 43. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (500°c) 68

Figura 44. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (900°c) 69

Figura 45. Pesaje de materiales..... 71

Figura 46. Mezclado de la pasta de yeso..... 72

Figura 47. Formado de las “galletas” 72

Figura 48. Cortes en las dos “galletas” de prueba 73

Figura 49. Corte definitivo en la tercera “galleta” 73

Figura 50. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (130°c)..... 74

Figura 51. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (200°c)..... 75

Figura 52. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (500°c)..... 76

Figura 53. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (900°c)..... 77

Figura 54. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (1100°c)..... 78

Figura 55. Especímenes de yeso coccionado a 130°c secados en horno 80

Figura 56. Medición de las dimensiones de la cara del espécimen que entraran
en contacto con el agua 81

Figura 57. Nivelado de las bases de apoyo para los especímenes 81

Figura 58. Control de altura de agua durante el ensayo de succión 82

Figura 59. Control de tiempo y nivel de agua..... 82



Figura 60. Secado del exceso de agua con una toalla..... 83

Figura 61. Pesado del espécimen..... 83

Figura 62. Toma de datos del ensayo de succión (130°C) 84

Figura 63. Toma de datos del ensayo de succión (200°C) 85

Figura 64. Toma de datos del ensayo de succión (500°C) 86

Figura 65. Toma de datos del ensayo de succión (900°C) 87

Figura 66. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 89

Figura 67. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 91

Figura 68. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 93

Figura 69. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 96

Figura 70. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio 98

Figura 71. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 100

Figura 72. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio 102

Figura 73. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio 103

Figura 74. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 106

Figura 75. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 108

Figura 76. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 109

Figura 77. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 111

Figura 78. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 1100°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 113

Figura 79. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 116



Figura 80. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 117

Figura 81. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 119

Figura 82. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio..... 121

Figura 83. Histograma comparativo de las resistencias a compresión de los diferentes yesos analizados 122

Figura 84. Histograma comparativo de las resistencias a flexión de los diferentes yesos analizados..... 122

Figura 85. Histograma comparativo de los tiempos de fraguado de los diferentes yesos analizados..... 123

Figura 86. Histograma comparativo de los valores de succión de los diferentes yesos analizados..... 123

Figura 87. Histograma comparativo de los pesos secos de las unidades prismáticas 126

Figura 88. Materia prima (piedra aljez) 137

Figura 89. Piedra aljez 137

Figura 90. Piedra calcinada..... 138

Figura 91. Material triturado en máquina de abrasión..... 138

Figura 92. Tamizado de yeso..... 139

Figura 93. Peso de cantidades de agua y yeso 139

Figura 94. Amasado de la mezcla 140

Figura 95. Mezcla en el molde 140

Figura 96. Unidades prismáticas secas a temperatura ambiente..... 141

Figura 97. Secado de unidades prismáticas en horno a 40°C 141

Figura 98. Ubicación de la Cantera Orlando 2007 147

Figura 99. Delimitación de la Cantera Orlando 2007, Caicay/Lucre – Cusco 148

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

El yeso como material de construcción siempre ha tenido un papel importante en la ciudad del Cusco; sin embargo, desde que se ha empezado a usar el yeso hasta la actualidad no se logra apreciar una evolución en su fabricación pues actualmente se observa que los procesos de extracción, trituración, cocción y molienda no llegan a ser en su totalidad industriales. Según la bibliografía revisada el factor más incidente para saber qué tipo de yeso se obtendrá como producto final es la temperatura de cocción del yeso; sin embargo, en los hornos usados esta no es controlada y por tanto el grado de deshidratación es desconocido.

Debido a la falta de normativa en el Perú se ha asumido la normatividad europea para determinar los parámetros y procedimientos de evaluación del yeso.



Figura 1. Horno artesanal en la cantera Orlando 2007



Figura 2. Horno artesanal en la cantera Orlando 2007



Figura 3. Interior del horno artesanal en la cantera Orlando 2007



Figura 4. Zona de trabajo – cantera Orlando 2007

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Formulación del Problema General

¿De qué manera influye en las propiedades físicas y mecánicas del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción, elaborado con material de la Cantera Orlando 2007?

1.1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos.

- Problema específico 1: ¿De qué manera varía la resistencia a la compresión axial simple del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción?
- Problema específico 2: ¿De qué manera varía la resistencia a flexión del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción?
- Problema específico 3: ¿De qué manera varía el tiempo de fraguado del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción?
- Problema específico 4: ¿De qué manera varía el periodo inicial de absorción (succión) del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción?



1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

En la región del Cusco los procedimientos de extracción, trituración, cocción y molienda que se realizan para poder obtener el yeso para la construcción no son controlados y dentro de estas etapas la calcinación es la que menos está industrializada. Por tanto, la necesidad de llevar a cabo el desarrollo de esta investigación nace a partir de poder conocer la influencia de la temperatura de cocción en las propiedades físicas del yeso obtenido de la cantera Orlando 2007.

La rama de la ingeniería que engloba este tema de investigación es la de construcciones.

1.2.2. Justificación social

En países como España y Colombia se le da una alta importancia al yeso y se han hecho estudios profundos sobre este material. En contrapartida en la región del Cusco el yeso como material de construcción participa en la mayoría de construcciones y a pesar de ello se desconocen sus propiedades, así como tampoco se tiene la certeza si el material utilizado rendirá en el trabajo para el cual se ha elegido; por esta razón la población productora de yeso podrá tener como referencia un estudio de cómo las propiedades mecánicas y físicas se ven afectadas por la temperatura de cocción.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Existió total factibilidad para llevar a cabo la investigación: se tuvo fácil acceso a la zona de estudio (Cantera Orlando 2007), los ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Andina del Cusco y aquellos ensayos que no se encontraron en dicho laboratorio se cubrieron con recursos propios en laboratorios externos.

1.2.4. Justificación por relevancia

La importancia de esta investigación radica en el hecho de que se pueda contribuir a que existan investigaciones sobre la influencia de la temperatura de calcinación en las propiedades físicas y mecánicas del yeso.



1.3. Limitaciones de la investigación

- Cantera Orlando 2007 (Ver ANEXO N°4)
- Temperaturas de cocción de 130 °C, 200°C, 500°C, 900°C y 1100 °C
- Los ensayos de Compresión, Flexión y tiempo de fraguado están de acuerdo a la norma UNE-EN 13279-2: Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo
- El procedimiento del ensayo de Succión está de acuerdo a la norma NTP 399.613: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.
- Para los ensayos se utilizó agua potable a T° ambiente de la ciudad del Cusco.
- Relación agua/yeso de 0.6

1.3.1. Limitaciones instrumentales

- Equipo de calcinación (Horno Mufla), del laboratorio de química de la Universidad Andina del Cusco.
- Equipo de CBR, del laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Equipo de resistencia a flexión, del laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Tamiz # 50 (0.05mm), del laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia en las propiedades físicas y mecánicas del yeso elaborado a diferentes temperaturas de cocción, con material de la Cantera Orlando 2007

1.4.2. Objetivos Específicos

- Objetivo específico 1: Determinar la resistencia a la compresión del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción.



- Objetivo específico 2: Determinar la resistencia por flexión del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción.
- Objetivo específico 3: Determinar el tiempo de fraguado del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción.
- Objetivo específico 4: Determinar el periodo inicial de absorción (succión) del yeso obtenido a diferentes temperaturas de cocción

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La temperatura de cocción influirá significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera ORLANDO 2007.

1.5.2. Sub Hipótesis

- Sub hipótesis N° 1: A mayor temperatura de cocción, mayor será la resistencia a la compresión.
- Sub hipótesis N° 2: A mayor temperatura de cocción, mayor será la resistencia a flexión.
- Sub hipótesis N° 3: A mayor temperatura de cocción mayor será el tiempo de fraguado.
- Sub hipótesis N° 4: A mayor temperatura de cocción mayor será el periodo inicial de absorción.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables independientes

1.6.2.1. Temperatura de cocción

Cantidad de calor medible en los hornos de calcinación.

Indicador: Grados centígrados (°C)

1.6.1.2. Yeso

Material de construcción producto de la calcinación de la piedra aljez (materia prima).

Indicador: Cantidad de agua (ml), Cantidad de Yeso (gr) , Relación agua/yeso



1.6.2. Variables dependientes

1.6.1.1. Resistencia a compresión axial simple

Se define como el esfuerzo máximo soportado por una unidad de muestreo de yeso ante una carga aplicada en su sección más corta.

Indicador: Valor de la resistencia a la compresión (Kg/cm²)

1.6.1.2. Resistencia a flexión

Esfuerzo máximo resistido por una unidad de muestreo de yeso antes de que se rompa en un ensayo de flexión.

Indicador: Valor de la resistencia a flexión (Kg/cm²)

1.6.1.3. Tiempo de fraguado

Es el tiempo, en minutos, en que los bordes de una hendidura producida por la hoja de un cuchillo sobre la pasta de yeso dejan de acercarse

Indicador: Valor del tiempo de fraguado (min)

1.6.1.4. Succión

Es la propiedad de absorber algo, principalmente un líquido o gas.

Indicador: Valor del periodo inicial de absorción (gr/min/cm²)



1.6.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla N° 1

Cuadro de operacionalización de variables.

Tipo de variable	Denominación de la variable	Definición de la variable	Nivel	Indicador	Instrumento Metodológico
Independiente	Temperatura de cocción	Cantidad de calor medible en los hornos de calcinación	120 °C, 200 °C, 500 °C, 1100 °C Y 1300 °C	°C	Guías de recolección de datos
Independiente	Yeso	Material de construcción producto de la calcinación de la piedra aljez (materia prima)	Yeso proveniente de la piedra de aljez de la Cantera ORLANDO 2007	Cantidad de agua (ml), Cantidad de Yeso (gr), Relación agua/yeso	Guías de observación
Dependiente	Resistencia a compresión axial simple	Ensayo que permite obtener el valor de carga última del yeso endurecido	10 Kg/cm ² - 100 Kg/cm ²	Fuerza de compresión (Kg), área de resistencia (cm ²)	Guías de recolección de datos e Instrumento de ingeniería
Dependiente	Resistencia a tracción por flexión	Esfuerzo máximo de una unidad de muestreo de yeso antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión	5 Kg/cm ² - 50 Kg/cm ²	Fuerza de tracción (Kg), área de resistencia (cm ²)	Guías de recolección de datos e Instrumento de ingeniería
Dependiente	Tiempo de fraguado	Indica el tiempo que el material necesita para completar las reacciones de rehidratación.	1 min - 900 min	Valor del tiempo de fraguado (min)	Guías de recolección de datos e Instrumento de ingeniería
Dependiente	Periodo inicial de absorción (Succión)	Cantidad de agua que es capaz de absorber una unidad de muestreo de yeso por capilaridad expresada en gr.	20 gr - 50 gr	Valor de periodo inicial de absorción (gr)	Guías de recolección de datos e Instrumento de ingeniería



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

TÍTULO: 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

AUTOR: Dina Mamani Delgado

AÑO: 2016

INSTITUCIÓN: Universidad Andina del Cusco

LUGAR: Cusco - Perú

En esta investigación se buscó resaltar la gran importancia de contar con información acerca de los tipos de material reciclado que mejoran las propiedades mecánicas de yeso y cuáles no. Esto permitirá tomar decisiones acertadas para futuras investigaciones o usos y aplicaciones del yeso.

De igual modo se hace referencia al avance, la mejora y la incorporación de nuevos materiales de construcción que vienen de la mano con el deterioro ambiental y el aumento de desechos industriales, es por ello que hoy en día se aprecia una gran variedad de materiales de construcción elaborados a base de materiales reciclados, de modo que se logre mitigar en cierta medida la contaminación ambiental, haciendo el entorno más sostenible

La investigación tiene como objetivo principal incrementar las propiedades mecánicas del yeso (resistencia a compresión, resistencia a flexión, dureza), para esto se elaboraron probetas únicamente con yeso y otras adicionadas con material reciclado, tales como: celulosa, corcho, caucho y polímero; las que fueron sometidas a los respectivos ensayos mecánicos bajo las normas internacionales europeas UNE-EN 13279-2 – Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. MÉTODOS DE ENSAYO



Finalmente, se hizo una evaluación comparativa de los ensayos entre las probetas preparadas únicamente con mezcla de yeso (parámetro de comparación) y las probetas de yeso adicionado con material reciclado.

En las conclusiones de la investigación se demuestran todas las hipótesis; existe una diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados (celulosa, corcho, caucho y polímero).- Cabe resaltar que la celulosa sin duda mejoró ampliamente las propiedades de resistencia del yeso

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

TÍTULO: Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas.

AUTOR: David Sanz Arauz

AÑO: 2009

INSTITUCIÓN: Universidad Politécnica de Madrid

LUGAR: Madrid - España

Esta investigación tiene como finalidad el análisis del yeso fabricado en hornos tradicionales y empleado históricamente para la ejecución de revestimientos exteriores. Para lo cual se realizó un estudio teórico sobre la fabricación del yeso en hornos tradicionales en España, y cuál es la problemática tecnológica del yeso exterior y su conservación.

Luego se llevó a cabo la parte experimental de la tesis, en la que primero se decidió estudiar el yeso procedente de la cantera de Albarracín (Teruel), se caracterizó los tipos de yeso que se podían obtener de manera artesanal (yeso rojo y yeso blanco cocido). Una vez hecho esto, se hicieron muestras de yeso artesanal fraguados y amasados con la misma cantidad de agua, que fueron sometidas a un tratamiento de curado en agua y al aire en edades de 5 y 20 semanas. Tras ese tratamiento se midieron las propiedades físicas y mecánicas y se estudiaron mediante técnicas instrumentales la evolución de las fases minerales de cada población.



Se realizaron también ensayos de medio y largo plazo, en las que muestras del yeso tradicional se sometieron a un tratamiento prolongado de curado en agua y al aire durante 3 años, para analizarlos mediante técnica instrumentales (ensayo edométrico).

Finalmente, las conclusiones del trabajo fueron que durante la elaboración de yeso en un horno tradicional, según donde esté situada la piedra de yeso, al cocerse se ve afectada de mayor o menor temperatura, y por lo tanto unas piedras se calcinan más que otras. Además, que en el proceso de cocción tradicional se produce la transformación prácticamente absoluta yeso-anhidrita.

Tras cinco semanas de tratamiento de conservación las probetas curadas bajo lámina de agua presentan reducciones muy significativas de la porosidad y del coeficiente de absorción, asociadas a aumentos importantes de los valores de sus resistencias mecánicas. Mientras que en las probetas curadas en ambiente no se observaron cambios significativos con la edad.

Con los ensayos de medio y largo plazo se confirmó que todavía no se había concluido la hidratación y que se forma mayor cantidad de calcita.

TÍTULO: Puesta en marcha de un horno rotatorio para calcinación de yeso en la empresa PROCALCO

AUTOR: Jorge Luis Jaimes Pabón

AÑO: 2011

INSTITUCIÓN: Universidad Industrial de Santander

LUGAR: Bucaramanga - Colombia

En la presente investigación el propósito fue el de proporcionar conocimientos a la industria colombiana sobre la forma de poner en marcha un horno rotatorio para la calcinación de yeso, recomendaciones y lo fundamental para que funcione tanto a ACPM y Gas GLP, como combustible, en busca de reducción de costos y mejoramiento de la calidad de los productos de PROCALCO, de cualquier industria colombiana o de otro país que se desempeñen en esta área.



Para el desarrollo de la tesis se tomó como base el horno rotatorio que funcionaba actualmente en dicha empresa, y se diseñó uno nuevo buscando mayor productividad y calidad del yeso deshidratado, para lo cual se hizo un estudio del efecto de diversas variables, de tal forma que se establecieron las condiciones más adecuadas para el funcionamiento del horno.

Entre las conclusiones que se obtuvieron en dicha investigación se tiene que durante la calcinación del mineral de yeso se pierde cerca de un 0,1% de mineral fino (0,012 Tn/día), teniendo en cuenta los requerimientos técnicos, tales como resistencia a la abrasión, dureza, ductilidad, resistencia a medianas temperaturas y precio, se seleccionó el acero AISI-SAE 1045 como el apropiado para la fabricación del nuevo horno rotatorio de calcinación del mineral de yeso, y principalmente que el producto de mejor calidad se obtiene cuando la temperatura máxima en el horno es de 295°C y la temperatura de salida del yeso de 165°C.

TÍTULO: Elaboración y evaluación de la resistencia mecánica de un material a base de Yeso y Zeolita

AUTOR: Elía Ruth Echevarría Belmonte

AÑO: 2011

INSTITUCIÓN: Universidad de Sonora

LUGAR: Sonora - México

A través de este trabajo se buscó mezclar el mineral de zeolita con el yeso comercial con la intención de obtener un material de construcción que tenga características especiales. Se fabricaron mezclas de Yeso y Zeolita en diferentes proporciones, aplicando un tratamiento térmico a diferentes temperaturas. Se analizó su estructura cristalina y se estudió la resistencia mecánica a la compresión, la capacidad de absorción y absorción de humedad.

Las conclusiones a las que se llegaron luego de la investigación fueron que sobresalen las probetas que contienen mayor cantidad de zeolita, así como, las sometidas a mayor cantidad de calor; las probetas con mayor cantidad de



zeolita adsorben más humedad a bajas temperaturas y resiste mayor presión aplicada a temperaturas altas; las probetas de diferentes mezclas yeso-zeolita de los tratamientos térmicos de 700, 900 y 1100°C fueron las únicas que resistieron el contacto directo con el agua; las muestras que contienen mayor porcentaje de zeolita (70 Y 90%), son las que resisten más a la compresión.

2.2. Aspectos teórico pertinentes

2.2.1. El yeso

Según (Novo de Miguel, 1968)

El yeso es un mineral constituido por sulfato de calcio, que se encuentra en muchos lugares de la superficie terrestre, formando unas veces masas compactas o rocas blandas, otras veces masas terrosas y en algunos casos disueltos en determinadas aguas, llamadas selenitosas.

Se considera que el yeso se originó hace 200 millones de años como resultado de depósitos marinos, cuando parte de lo que ahora son nuestros continentes eran inmensas extensiones oceánicas. Durante este período algunos mares se secaron dejando lechos de yeso que se recubrieron posteriormente por el hombre.

Según (Sánchez, 2003)

El yeso es el producto resultante de la deshidratación parcial o total del ALJEZ o PIEDRA DE YESO. Reducido a polvo y amasado con agua recupera el agua de cristalización, endureciéndose. Es un material conglomerante que sirve para la unión de otros materiales conglomerados.

El aljez es una roca de origen sedimentario, sus componentes fundamentales son los diferentes iones que se encuentran disueltos en el agua del mar. El yeso se encuentra muy abundante en la naturaleza, en los terrenos sedimentarios, presentándose bajo dos formas:

- Cristalizado, anhidro (CaSO_4), llamado ANHIDRITA
- Con dos moléculas de agua ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) denominado PIEDRA DE YESO o ALJEZ



Según (Chang, Howie, & Zusman, 1996)

Como mineral el yeso se clasifica en el grupo de los sulfatos hidratados, siendo el más abundante del grupo. Aparece en masas extensas de gran espesor, en asociación con calizas y pizarras y en depósitos evaporíticos. Químicamente el yeso muestra muy poca variación en su composición.

El yeso se puede formar en la naturaleza por precipitación de una solución sobresaturada (de alta concentración en sulfato cálcico) o salmuera, o bien por hidratación a partir de anhidrita. En algún caso puede formarse también en las fumarolas o manantiales calientes volcánicos. Puede aparecer como resultado de la diagénesis de arcillas o margas, como mineral secundario, creciendo en el interior de sus poros.

2.2.2. Evolución histórica de la producción de yeso

Existen 3 grandes etapas de la producción del yeso según (Villanueva, 2004), las cuales son

2.2.2.1 Yeso artesanal

Tradicionalmente se producen tres tipos de yesos artesanales. Las piedras, más renegridas y, por tanto, sobrecocidas, se separan y trituran aparte dando lugar al yeso hidráulico o de pavimentos.

Las piedras de mejor aspecto, se separan y muelen fino, dando lugar al denominado yeso blanco, utilizado para enlucidos o blanqueos. El resto de las piedras junto con las escorias y subproductos de la combustión se recogen y trituran juntos, dando lugar al yeso negro o moreno, utilizado para guarnecidos y como conglomerante de albañilería.

Durante el largo período de tiempo que dura el sistema de producción artesanal, los hornos se fueron mejorando para facilitar las operaciones de carga, cocción, descarga y molienda. También se introdujeron silos de almacenamiento final del producto para homogeneizarlo y dar lugar a la transformación final de algunas fases.



2.2.2.2 Yeso industrial

A partir del s. XVIII comienza el conocimiento científico del yeso. Así, en 1768, Lavoisier presenta en la Academia de Ciencias el primer estudio científico de los fenómenos en los que se basa la preparación del yeso. Poco después Van t'Hoff y Le Chatelier dieron una explicación científica a la deshidratación, iniciando una serie ininterrumpida de investigaciones sobre este material.

En esa época comienza el proceso de industrialización, que afectará a los materiales en primer lugar, y después a la propia construcción. Se controla el proceso de fabricación, se consiguen mayores temperaturas, se aumentan las series y se uniforman los productos.

En lo referente a los materiales conglomerantes tradicionales, se produce una evolución diferente. Se industrializa la fabricación del yeso, en un proceso que termina con la introducción de innumerables tipos de hornos, con el objetivo de conseguir un sistema racional de calcinación. La cal se adapta peor y sucumbe ante el cemento, que en realidad trata de obtener artificialmente una cal hidráulica.

El proceso de industrializar la fabricación del yeso es lento y no se produce por igual en todos los países. Se da, por tanto, una convivencia prolongada con los yesos artesanos, descritos en la etapa anterior.

Se mecanizan los sistemas de extracción y se organiza el almacenaje previo para aumentar la homogenización de la materia prima. Se mecaniza la trituración previa, para conseguir tamaños menores que facilitan la calcinación. Se establecen silos de reposo del material calcinado para completar el proceso y hacer más homogéneo el producto. Se industrializa el refinado del yeso fino y se automatiza poco a poco el sistema de ensacado y expedición.

También se produce la adición de los yesos en fábrica, mejorando notablemente la regularidad del proceso, con resultados muy positivos frente a las adiciones realizadas en obra. Los principales aditivos empleados son los retardadores del fraguado, pero se abre un importante proceso de investigación que incidirá decisivamente en los yesos de la tercera generación, que se estudian más adelante.



En cuanto a la calcinación propiamente dicha los sistemas son muy variados (S.N.I.P., 1982). La imaginación de los ingenieros se dispara para alcanzar la mejor deshidratación al mejor precio. En unos casos se mueve la materia prima por el interior del horno y, en otros, lo hace la fuente de calor. Hay sistemas con carga continua y otros con carga discontinua. De fuego directo y de fuego indirecto. Los más habituales son las marmitas de fuego indirecto para obtener escayola y los hornos rotativos de fuego directo para producir yeso. En estos últimos el sistema produce semihidrato beta y anhídrita II de modo diferenciado, en función de la temperatura alcanzada. Puede ser en un mismo horno con dos salidas o en hornos independientes. También puede producirse de modo independiente el semihidrato beta y la anhídrita II y luego mezclarse en diversas proporciones. Por último, para la obtención de semihidrato alfa se recurre a las autoclaves, en los que la producción es muy cuidada, en pequeña cantidad y más cara.

Con la industrialización aparece la posibilidad de tipificar los productos, de modo que sus características se mantengan constantes dentro de unos límites. Y con esta posibilidad aparecen las normas de calidad. Además se pueden obtener más tipos de productos, modificando parcialmente las condiciones de su fabricación.

2.2.2.3. Yesos de tercera generación

Después de la II Guerra Mundial, se comienza a estudiar más científicamente las modificaciones producidas en las características del yeso, mediante el empleo de aditivos y adiciones.

Cada vez fue más frecuente la adición en fábrica de retardadores de fraguado, para la producción de yeso lento, muy apreciado en la ejecución de revestimientos. Pero, como se ha dicho, lo más importante es que se inició una investigación sistemática de diferentes tipos de aditivos.

El producto en polvo estaba completamente industrializado, pero su colocación era artesanal. Por eso, las principales industrias europeas del yeso condujeron sus esfuerzos para industrializar el proceso de colocación. Por otra parte, la incidencia del material en el precio final del guarnecido, era cada vez menor, frente a una mano de obra cada vez más cara. Era preciso buscar un



producto, que, sin perder sus características esenciales de cubrir los paramentos adhiriéndose bien a las diferentes bases, tuviera el mejor rendimiento posible en su colocación.

A tenor del ejemplo de los morteros gunitados se investigó un tipo de yeso capaz de ser proyectado mecánicamente contra los paramentos. Tiene que ser lo suficientemente lento en su fraguado para que no endurezca en la manguera y, lo suficientemente espeso y adherente para que no escurra por la pared o se desprenda de los techos. Con aditivos modificadores del fraguado, espesantes y retenedores de agua se consigue formular este tipo de yeso, que ya se puede considerar de tercera generación.

Pero también se actuó sobre los yesos de amasado manual mejorando sus características para facilitar la colocación. Así, cada vez fue más amplio en tiempo abierto o período en el que, el yeso, después de amasado con el agua, se puede trabajar. Se obtienen así los denominados yesos manuales de fraguado controlado.

El proceso se completa al producirse yesos aligerados de proyección mecánica, tan aditivados como éstos y, además, aligerados con perlita.

El proceso de adición además produce un aumento de la resistencia superficial, por lo que el panorama se completa con los yesos de alta dureza.

La principal dificultad se presenta a la hora de normalizar estos productos, ya que los ensayos de laboratorio reproducen mal las condiciones de puesta en obra, sobre todo en los yesos de proyección mecánica.

2.2.3. Aplicaciones del yeso

Según (Villarino Otero, 2009)

2.2.3.1 Guarnecidos y tendidos

Tal vez la mayor aplicación del yeso en la construcción es el revestimiento de paramentos de más o menos irregularidades que no han de quedar vistos. Para ello se aplica sobre el paramento una primera capa de yeso YG de 15mm. de espesor, y sobre ésta, una capa de yeso YF de 1 a 3 mm. La primera capa recibe el nombre de guarnecido y la segunda, el de tendido.



El guarnecido puede ser a buena vista o maestreado. En el primer caso se extiende con llana y que la superficie quede perfectamente plana depende de la habilidad y entrenamiento del albañil. También puede extenderse por proyección y alisarse con reglas de madera. En el caso de un guarnecido maestreado, hay que hacer primero las maestras: éstas son fajas del espesor fijado y con sus superficies en un mismo plano que sirven de guía para el guarnecido. Se extiende con llana. El conjunto del guarnecido y el tendido constituyen el enlucido que no suele quedar visto sino recubierto por pintura, papel, corcho, etc.

2.2.3.2. Molduras

Para este trabajo se utiliza generalmente escayola. La operación denominada corrido de molduras consiste en hacer deslizar una terraja con el perfil deseado sobre unas guías. Al moverse la terraja sobre una masa de escayola recién colocada forma la moldura.

2.2.3.3. Estuco

Se conoce con este nombre un recubrimiento para muros, brillante y lavable, que se extiende con la llana. Está compuesto por escayola o yeso YF molido muy fino, amasado con agua que contiene gelatina, puede contener también pigmentos colorantes. Cuando se ha conseguido una superficie plana, se le da brillo mediante un bruñido con planchas de acero calientes o frotando las superficies con un paño impregnado en aceite de linaza y, posteriormente, con otro impregnado en aguarrás y cera.

2.2.3.4 Morteros de Yeso

Para la fabricación de morteros ha de tenerse presente que cada partícula de arena debe quedar perfectamente envuelta por la pasta de yeso. No suelen usarse más de dos morteros: el 1:2 y el 1:3 (relación yeso:arena), ambos en peso. Puede afirmarse que partiendo de una relación 1:1, la resistencia a la compresión se reduce a la mitad cada vez que se duplica el contenido de arena.

2.2.3.5. Elementos prefabricados

Además de las molduras y de otros elementos decorativos, pueden fabricarse como elementos resistentes bloques de yeso, bovedillas para forjados

y placas para tabiques. Está muy extendido el uso de placas de hasta 40x440 cms y aún más, para la construcción de falsos techos. Con frecuencia estas placas están perforadas para conseguir un buen acondicionamiento acústico de los locales donde están colocadas. Se emplean también paneles constituidos por un emparedado de cartón-yeso-cartón, que responden a la denominación genérica de plasterboard.

2.2.4. Proceso de fabricación del yeso



Figura 5. Proceso de fabricación del yeso

Fuente: Evolución historia de la construcción con Yeso – 2004 Madrid

Según (CG-Minería, 2013) los elementos principales de una planta productora de yeso, cuya cadena productiva es la siguiente:

2.2.4.1. Extracción del mineral y acarreo.

Para que la explotación de una cantera de mineral de yeso pueda resultar conveniente desde el punto de vista económico, es necesario que el yacimiento se halle a poca profundidad, a fin de no encarecer la primera materia con crecidos gastos de excavación.

El sistema a cielo abierto se emplea cuando el cuerpo mineralizado se encuentra cercano a la superficie, o cubierto por una delgada capa de suelo, como lo es para los yacimientos de yeso en México. Se retira la vegetación y se

recolecta el suelo sobre el área a trabajar y se realiza la explotación mediante banqueos o terrazas.

El minado selectivo del mineral de yeso se practica con ayuda de continuos análisis que nos van indicando su composición y calidad, aunque también es útil la experiencia adquirida mediante la práctica en las voladuras para ir seleccionando el mineral con valor sobre la roca sin interés económico.

Los trabajos de minado se realizan mediante plantillas de barrenación con perforadoras de aire comprimido, se realiza la carga de explosivos y se procede con la voladura; la plantilla de barrenación así como las proporciones de carga de explosivo se determinan utilizando formulas empíricas de diseño.

El mineral extraído es acarreado del tajo hasta el patio de almacenamiento de la planta procesadora por medio de camiones de acarreo hasta la tolva de recibo del circuito de trituración.



Figura 6. Materia prima – cantera Orlando 2007

2.2.4.2. Trituración, selección y molienda.

Las rocas procedentes de la cantera se reducen por medio de quebradoras de quijadas, para que el mineral con el que se alimenta al circuito de trituración tenga el tamaño adecuado a la abertura de la quebradora primaria.

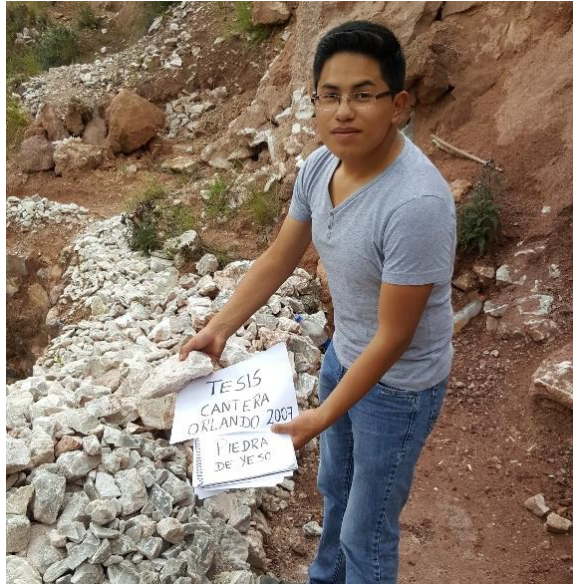


Figura 7. Evaluación de tamaños de la piedra aljez – cantera Orlando 2007

En algunas ocasiones se emplean quebradoras cónicas de paso graduable o trituradoras mecánicas de rodillos estriados. Para la pulverización se utilizan trituradoras cónicas en grado fino o bien, molinos de bolas de acero.



Figura 8. Circuito de trituración

Fuente: Evolución historia de la construcción con Yeso – 2004 Madrid



Figura 9. Trituración en cantera Orlando 2007

La separación de los productos obtenidos, clasificados por tamaños, se logra mediante el empleo de tromeles o cribas vibratorias.

La roca pulverizada pasa mediante un elevador vertical de cangilones, a los silos o depósitos de reserva y almacenamiento que generalmente tienen gran capacidad. Este eslabón es uno de los más importantes pues es aquí cuando los productos empiezan a adoptar los más altos requerimientos de calidad, lo cual se verá reflejado en los productos finales.

Es conveniente que la planta o circuito de trituración se encuentre en la zona cercana al área de minado, lo que reduce costos en el flete al poder realizar un primer control de calidad de la roca triturada. El producto del circuito de trituración es embarcado hacia la planta de transformación.

2.2.4.3. Calcinación en hornos

Se realiza con el objeto de remover humedad y para la preparación de la roca, con el fin de asegurar el libre flujo de material en las etapas subsecuentes. El proceso de deshidratación es lento entre los 90° y los 100°C y bastante rápido a 120°C, pero la calcinación o deshidratación no se completa hasta alcanzar temperaturas superiores a 240°C.

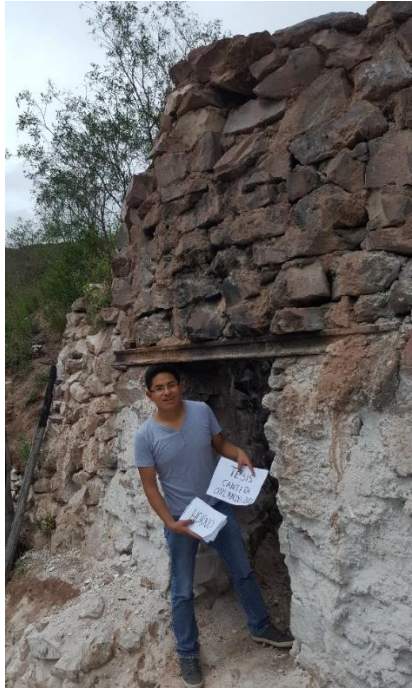


Figura 10. Horno en cantera Orlando 2007

2.2.4.3.1. Tipos de hornos

Los distintos tipos de hornos utilizados para la cocción del yeso pueden clasificarse del modo siguiente según (UNIOVI, 2005)

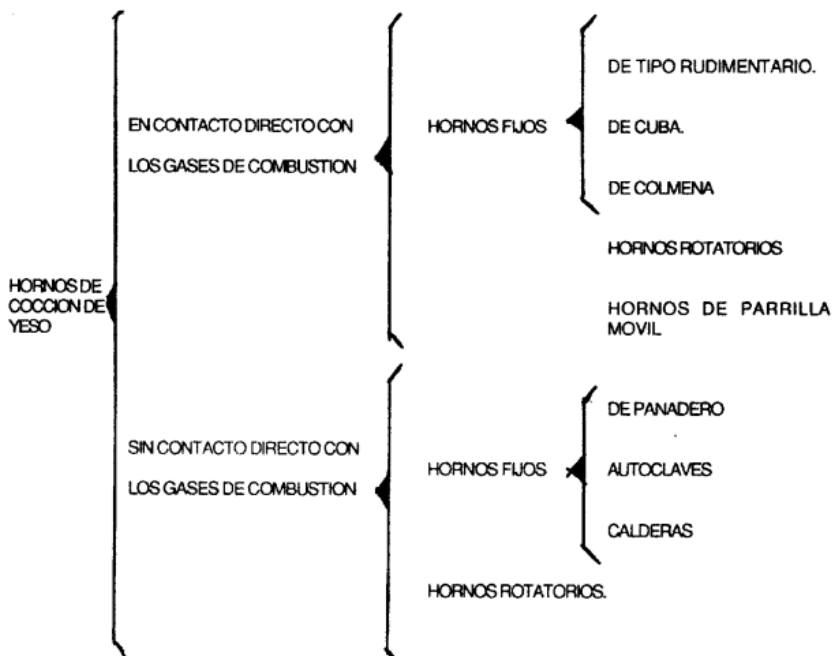


Figura 11. Clasificación de hornos

Fuente: UNIOVI - Materiales de construcción: Tema 6 – Yesos 2005 España



Los primeros se caracterizan porque en ellos la cocción tiene lugar en atmósfera seca o, por lo menos, no saturada de vapor de agua.

La característica general de los segundos reside en que en ellos el yeso no está en contacto con los gases de combustión y la atmósfera de cocción está constituida por vapor de agua a una mayor o menor presión, resultando un producto con un elevado porcentaje de hemihidrato. Su empleo no es reciente, pues ya hace largo tiempo que se aplican a la fabricación de yesos de moldeo que, precisamente, son muy ricos en hemihidrato.

Aunque existen numerosos procesos industriales para la obtención de yeso, sólo se mencionarán los más utilizados actualmente, por vía seca:

- a. Marmita horizontal tipo "BEAU" francés (en continuo o discontinuo) de fuego indirecto (ya sea utilizando gas o fuel como combustibles)
- b. Marmita cónica vertical tipo inglesa en continuo, de fuego indirecto. Mediante una cámara de combustión (de gas/carbón/fuel) sumergida, cuyo rendimiento energético es alto (superior al 80 %).
- c. Horno rotatorio horizontal de fuego directo o indirecto (con inclinación del 1.5 %):
 - Tipo discontinuo
 - Tipo continuo de tubos múltiples (a contracorriente)
- d. Horno vertical, de molienda y calcinación en continuo tipo Claudius - Peters, de fuego directo (a gas natural) La diferencia básica con el resto de hornos es la rapidez del proceso de obtención del hemihidrato β , en tan sólo unos minutos se obtiene un producto de buena calidad.
- e. Horno vertical para calcinación Flash de fuego directo, tipo Claudius - Peters. Se trata de una cocción instantánea que se realiza a 700°C sobre mineral de yeso muy fino (inferior a 200 μm).
- f. Horno parrilla móvil tipo KNAUF , de fuego directo para la fabricación de anhidrita y yesos multifásiros (yeso sobrecocido 300 - 900°C).

2.2.4.4. Remolienda, clasificación y envasado

Una vez cocido el yeso se saca del horno y se transporta a la cámara de reposo o enfriamiento y de ésta pasa a los molinos refinadores.

La molienda de finos homogeniza el mineral semihidratado, mediante el uso de molinos de martillos, controlándose el tamaño de partícula con la abertura de la parrilla. La clasificación de mineral se practica mediante tamices giratorios o cribas vibratorias.

Cuando se ha obtenido el yeso con el grado de finura deseado se procede al envasado del mismo, preferentemente en sacos especiales con objeto de protegerlo de la humedad.

Esta es la operación final antes de que el producto salga al mercado, el envasado se practica frecuentemente a mano pero en las grandes plantas se efectúa por máquinas envasadoras.



Figura 12. Chancadora en cantera Orlando 2007

2.2.4.5. Comercialización

Del proceso de producción descrito con anterioridad se obtienen muchos productos que se venden en el mercado, a continuación se describe cuáles son los productos más importantes que se fabrican.

2.2.5. Deshidratación del yeso

Según (James, 2011)

Cuando el mineral de yeso se somete a temperatura elevada, en hornos de diversos tipos, se obtiene el yeso cocido, o yeso comercial, en forma de polvo



más o menos blanco. Este polvo amasado con agua en la proporción conveniente da lugar a la formación de una masa untuosa, aglomerante, que se emplea en las obras de albañilería para unir entre sí los materiales. También se utiliza para revoques y enlucidos, para la elaboración de piezas o elementos decorativos, etc.

El estudio de los efectos de cocción del mineral de yeso se debe al químico francés Lavoisier (1743-1794), quien determinó que dicho material contiene dos moléculas de agua de cristalización en la proporción de la cuarta parte de su peso, o sea, un 25% aproximadamente.

Luego de retirar el agua de cristalización, mediante la acción de calor, si se adiciona agua, el yeso retoma su estado original desprendiendo así calor y presentando un rápido endurecimiento. Esta propiedad puede serle dada o quitada, al yeso, según se le quite más o menos agua de cristalización. De aquí las diversas clases de yeso que pueden obtenerse.

Lavoisier observó también que el yeso cocido en exceso pierde la facultad de fraguar, y al amasarlo con agua forma una pasta friable que se reduce a polvo al evaporarse el agua de amasado.

Según (Sánchez, 2003)

La deshidratación es la respuesta de la piedra de yeso al proceso de calcinación. Es un modo de comportamiento en el que sus variables dependen tanto del estado de la materia prima (aljez), como del resto de operaciones sufridas en el proceso de fabricación.

La piedra de yeso está compuesta básicamente por sulfato cálcico doblemente hidratado. El proceso de calcinación da un aporte importante de energías a la piedra de yeso, que inicialmente se consume al aumentar la temperatura del mineral hasta que sobrepasa un determinado punto, donde se inicia el proceso de deshidratación.

El aljez cristaliza con dos moléculas de agua, es decir, es un bihidrato o dihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. De estas dos moléculas, una y media molécula está combinada débilmente, y media molécula, fuertemente. La expulsión del agua



del dihidrato se hace en dos fases: en la primera se desprende la débilmente combinada y en la segunda, la fuertemente.

2.2.5.1. Estados del yeso según las temperaturas de deshidratación

Según (García, 1988)

2.2.5.1.1. Dihidrato

El aljez presenta la estructura de dihidrato, es decir, sulfato cálcico dihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) DH, cristalizando en el sistema monoclinico, con una organización laminar con capas alterna de sulfato cálcico y agua unidas mediante enlace secundario.

2.2.5.1.2 Semihidrato

Por calentamiento y a partir de 100°C hasta 130°C , se produce un aumento de la energía interna capaz de contrarrestar y anular las fuerzas cohesivas de tipo secundario, liberando alguna moléculas de agua, que absorben energía al transformarse en vapor de agua y equilibran el sistema, con lo que aparece la fase denominada semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{H}_2\text{O}$) SH.

Esta reacción es irreversible, ya que la configuración cristalina, adoptada por el semihidrato en el sistema pseudo-hexagonal, presenta una menor compacidad molecular con un aumento de espacios entre ellas, en las capas ocupadas por las moléculas de agua, suponiendo un mayor ajuste con mayor enfrentamiento con las de sulfato cálcico.

El sistema cohesivo de tipo secundario es análogo a la fase anterior. El agua es capaz de ocupar los espacios intermoleculares, y debido a su carga dipolar desestabiliza el equilibrio de fuerzas existentes, produciendo una vuelta al sistema cristalino del dihidrato con desprendimiento de energía calorífica.

Esta disipación de energía demuestra que la configuración cristalina del dihidrato es más estable que la del semihidrato, pues necesita menor energía interna para su estabilización.

Según las condiciones de presión durante el proceso de calentamiento, se obtienen dos variedades de SH (semihidrato) el $\text{SH}\beta$, que se produce a



presión atmosférica, y el SH α , producido bajo presión, con una única diferenciación en el tamaño de los cristales, mayores en este último, necesitando menos agua de amasado para producir la lubricación de los cristales. Se obtiene así un producto final más compacto al ser menos poroso, y más resistente, con un fraguado más rápido y mayor expansión durante la hidratación.

2.2.5.1.3. Anhidrita III

Por calentamiento a partir de 160°C hasta 250°C, el aumento de la energía interna es suficiente para contrarrestar la práctica totalidad de las fuerzas cohesivas, que establecen las moléculas de agua, evaporándolas con una absorción de energía que equilibra el sistema. Aparece así la fase denominada Anhidrita III (SO₄Ca * H₂O) An III.

Esta reacción es también irreversible, adoptando el mismo sistema cristalino que el SH, con un gran aumento de los espacios intermoleculares en las capas ocupadas por las moléculas de agua, y manteniendo el mismo enfrentamiento entre las de sulfato cálcico. Este gran aumento de los espacios intermoleculares, unido a la cantidad de energía que se ha necesitado para la creación de la estructura cristalina, hacen que ésta sea muy inestable y reaccione con avidez de agua, buscando configuraciones más estables y liberando la energía sobrante.

2.2.5.1.4. Anhidrita II

Por calentamiento a partir de 350°C y hasta 800°C, el aumento de la energía interna es suficiente para asegurar la ausencia total de moléculas de agua y permitir la movilidad de la totalidad de los dipolos existentes, que se reagrupan en una nueva organización estructural, apareciendo la fase denominada Anhidrita II (SO₄Ca) An II.

Esta reacción es también irreversible, pero la hidratación se produce de forma muy lenta, ya que la nueva organización cristalina ortorrómbica que adopta es estable al producirse una reacción exotérmica, adoptando una configuración dipolar compacta, con ausencia de grandes espacios intermoleculares.

2.2.5.1.5. Anhidrita I

Esta fase del sistema se corresponde a la anhidrita natural.

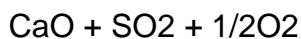


Calentando entre los 900°C y los 1250°C, el aumento de la energía interna produce un acople más perfecto de los dipolos. Aparece así la fase denominada Anhidrita I (SO₄Ca) An I.

Esta nueva fase no presenta cambio de la estructura cristalina con respecto a la An II, manteniendo el mismo enfrentamiento entre las moléculas de sulfato cálcico. Por tanto, son análogas en propiedades y no tienen excesiva importancia práctica.

2.2.5.1.6. Yeso hidráulico

Calentando por encima de los 1250°C, el aumento de la energía interna es suficiente para contrarrestar la energía cohesiva del enlace iónico que existía entre el sulfato y el calcio. Produce también la anulación de la relación covalente de los electrones compartidos entre el átomo de azufre y los de oxígeno, apareciendo dos nuevas moléculas más simples de carácter iónico y, por tanto, con comportamiento externo dipolar.



Este producto se denomina yeso hidráulico, debido a que las características de hidraulicidad que confiere la cal, realmente no pertenece al sistema sulfato cálcico-agua que hemos analizado.

2.2.6. Relación agua/yeso en el amasado

Según (Sánchez, 2003) este fenómeno es el que más se ha estudiado, además el más fácil variación, el de mayor influencia, especialmente en lo que se refiere a la porosidad del producto final, puesto que el agua que el yeso incorpora a su red cristalina, está limitada por la cantidad de yeso utilizado en el amasado: el exceso de agua lo que hace es incrementar su porosidad.

En general cuanto mayor sea la superficie específica del yeso, mayor será la cantidad de agua que se necesita para bañar y mojar todos sus granos.

La relación agua - yeso (A/Y) se sitúa entre 0.6 y 1.0, que son los límites prácticos trabajabilidad la mezcla.

Para el amasado es necesaria más agua que para la rehidratación, ya que el del fraguado comienza por la disolución en agua de las fases anhidras y

semihidratadas. El agua para el amasado, está condicionada por el tipo de producto y su granulometría. Hay dos sistemas que lo determinan:

- Por el amasado o saturación, consiste en espolvorear producto sobre el agua sin tocar el recipiente, hasta que el yeso sacia el volumen del agua y se queda enrasado en la superficie.
- Por el agua correspondiente a una consistencia normal.

2.2.7. Hidratación: fraguado del yeso

Según (S.N.I.P., 1982)

El yeso cocido en polvo se amasa con agua para ser aplicado en obra, dando lugar a una pasta con una viscosidad adecuada al tipo de trabajo que se ha de realizar. Al tratarse de un producto deshidratado formado por fases reactivas al agua se produce un fenómeno de rehidratación, conocido como fraguado, y que provoca el endurecimiento de la pasta. El inicio de la reacción de rehidratación se llama principio de fraguado y su conclusión final de fraguado.

Este proceso tiene dos aspectos a considerar: el químico-mineralógico (hidratación-cristalización), y el físico-mecánico-reológico (endurecimiento por aumento de resistencias y cambios de estado: líquido-viscoso-sólido).

Según (Roldán, 2011)

El sulfato de calcio hemihidrato, por hidratación en condiciones ambientales, se convierte en sulfato de calcio dihidrato. La hidratación se debe realizar con una cantidad de agua adecuada para producir una mezcla homogénea, fluida y estable, que con el tiempo pierde su carácter plástico y endurece.

Se han realizado múltiples investigaciones sobre el mecanismo de la hidratación. Hacia 1900, Le Chatelier, estableció una teoría sobre la cristalización que tuvo gran aceptación. Según ésta, el sulfato de calcio hemihidrato en presencia de agua, forma una solución saturada, aproximadamente 1.8 g/l, a 20 °C, que reacciona precipitando el sulfato cálcico dihidrato.



Cavazzi, y más tarde Baykoff, promovieron la teoría coloidal, que señala que la hidratación se realiza mediante una etapa intermedia en fase de coloide, formándose un tipo de gel, o mediante una adsorción entre el sulfato de calcio y el agua. Esta teoría no se ha podido demostrar de forma experimental.

En todos los casos, la temperatura afecta al proceso de hidratación del yeso; se observa que se acelera hasta temperaturas de unos 30 °C y decrece posteriormente.

La resistencia del yeso seco fraguado es directamente proporcional a su densidad; por consiguiente, depende principalmente de su porosidad, es decir, del tamaño y estructura de los poros y también, depende directamente de la proporción de agua/yeso. La resistencia varía también con la humedad y con la presencia de aditivos sin que cambie su densidad. La resistencia del yeso con un contenido en humedad superior al 5 % es aproximadamente la mitad de la del yeso en estado seco. Durante el secado, la resistencia del yeso va aumentando hasta alcanzar su valor final cuando se ha llegado al equilibrio con el contenido en humedad ambiental.

En ambientes húmedos, disminuye la resistencia del yeso fraguado debido a cambios cristalinos y estructurales; aparece una recristalización como consecuencia de la solubilidad del yeso en agua. La deformación de los yesos en estado húmedo es consecuencia de sus cambios estructurales. También la presencia de aditivos provoca un cambio en la estructura del cristal, modificando la hidratación, lo que provoca variaciones en la resistencia, aun cuando no haya una modificación de la densidad, incluso en estado seco.

Un caso extremo es la reducción de la resistencia en presencia del ácido cítrico que se usa normalmente como retardador. Usado en proporciones inferiores al 0,1 %, tiene un efecto retardante y sólo rebaja la resistencia ligeramente. Con cantidades superiores al 0,2 %, cambia la forma del cristal del dihidrato de manera que no se produce un endurecimiento del yeso porque los cristales ya no se entrelazan ni se entrecruzan.

En resumen, los factores de los que depende el tiempo de fraguado y endurecimiento del yeso, son las impurezas en el yeso calcinado, el área



superficial, el pH, el tamaño de partícula y la temperatura en el momento del mezclado.

Según (Sanz, 2009)

La base del comportamiento mecánico del yeso fraguado se encuentra en las zonas de unión entre los cristales de yeso rehidratados, mediante el equilibrio entre las fuerzas de cohesión, la interpenetración de los cristales del entramado y la micro disolución por presencia de agua. Estas áreas y la circulación de agua en ellas están definidas por la microestructura del yeso y por la textura del cuerpo poroso.

Estos parámetros son esencialmente morfológicos, y vienen desarrollados por el proceso de nucleación y crecimiento cristalino que se produce durante el fraguado del yeso.

El tamaño, la forma y la distribución granulométrica de los cristales tienen una gran incidencia en las propiedades reológicas y mecánicas de la pasta. Productos de morfologías relativamente planas requieren menor cantidad de agua para su fraguado, lo que se traduce en una reducción de la relación agua/yeso, generando cuerpos menos porosos y por lo tanto más resistentes mecánica e hídricamente (Sanz, 2009).

2.2.8 Métodos de ensayo para yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción

Según (Sánchez, 2003) las resistencias mecánicas del yeso varían con proporción de agua de amasado y el medio de conservación. La resistencia a tracción y a compresión de los yesos depende de su naturaleza, de su composición, de su finura, de la cantidad de agua de amasado y del contenido de humedad al momento de la rotura.

Según (UNE-EN 13279 -2, 2006), se tienen los siguientes procedimientos para los ensayos:



2.2.8.1 Determinación de las propiedades mecánicas

2.2.8.1.1 Aparatos

- a. Mezcladora amasadora y paleta (véase el apartado 4.4 de la Norma Europea EN 196-1:1994);
- b. Espátula;
- c. Moldes con base (véase el apartado 4.5 de la Norma Europea EN 196-1:1994);
- d. Rascador;
- e. Desecador;
- f. Prensa de compresión: con capacidad de suministrar velocidades de carga de 1 N/mm^2 por segundo (véanse los apartados 4.7 y 4.8 de la Norma Europea EN 196-1:1994);
- g. Dispositivo de flexión (véase el punto f);
- h. Dispositivo de dureza

2.2.8.1.2 Preparación de la probeta de ensayo.

El yeso que se va a ensayar, se debe amasar según el procedimiento indicado en el apartado 4.3.3 (ver anexos), con la relación agua/yeso determinada según los procedimientos descritos en los apartados 4.3.1, 4.3.2, o 4.3.3 (ver anexos), dependiendo del tipo de yeso.

Inmediatamente después de la preparación, 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 min desde el comienzo del amasado y su superficie no 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 siete días en la atmósfera de laboratorio descrita en el apartado 3.1. Después, deben desecarse hasta masa constante a una temperatura de $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$. Tras su secado, las probetas deben enfriarse en desecador hasta la temperatura del laboratorio de ensayo.

2.2.8.1.3 Determinación de la resistencia a flexión

Según (UNE-EN 13279 -2, 2006)

- i. Principio: Se determina la carga necesaria para romper una probeta prismática de 160 mm x 40 mm x 40 mm apoyada sobre rodillos cuyos centros están separados 100 mm.
- ii. Procedimiento: La probeta debe colocarse sobre los rodillos del dispositivo de flexión y, mediante un rodillo central, debe aplicarse una carga hasta que se rompa la probeta. Se anota la carga máxima, en newton, que soporta la probeta.
- iii. Expresión de los resultados: La resistencia a flexión P_F viene dada por la fórmula (1):

$$P_F = 0.00234 * P \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde

P_F es la resistencia a flexión en N/mm^2 ;

P es la carga media de rotura en N de, al menos, tres valores obtenidos.

2.2.8.1.4 Determinación de la resistencia a compresión

Según (UNE-EN 13279 -2, 2006)

- i. Principio: La probeta se comprime hasta su rotura.
- ii. Procedimiento: La resistencia a compresión debe determinarse aplicando una carga a los trozos rotos de las probetas procedentes del ensayo de resistencia a flexión.

Pueden fabricarse nuevas probetas siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.5.2. Si el ensayo de compresión no se realiza inmediatamente a continuación del ensayo de flexión, los trozos de las probetas a ensayar se deberían guardar en un desecador. Los trozos de las probetas se colocan con sus caras laterales hacia arriba y hacia abajo entre los dos platos de acero de la prensa 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 40 mm x 40 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.

- iii. Expresión de los resultados: Debe calcularse el valor medio de los 6 valores obtenidos y expresarse en N/mm². La carga de resistencia a compresión R_c viene dada por la fórmula (2):

$$R_c = \frac{F_c}{\text{Área}} \quad \dots (2)$$

Donde

R_c : es la resistencia a compresión en N/mm²;

F_c : es la máxima carga en la rotura en N;

Área: es el área de la probeta en mm².

2.2.8.2 Determinación de los tiempos de fraguado (método del cuchillo)

Según (UNE-EN 13279 -2, 2006)

- i. Generalidades. Este método se usa para conglomerantes a base de yeso.
- ii. Principio. El tiempo de principio de fraguado es el tiempo, en minutos, en que los bordes de una hendidura producida por la hoja de un cuchillo sobre la pasta de yeso dejan de acercarse.
- iii. Aparatos.
 - a) Cuchillo de longitud de filo de unos 100 mm, 16 mm de anchura y espesor del borde superior de la hoja de 1 mm aproximadamente, con sección transversal en forma de cuña;
 - b) espátula;
 - c) placas de vidrio lisas (dimensiones mínimas: 400 mm de longitud y 200 mm de anchura);



- d) cronómetro;
 - e) recipiente de amasado fabricado en material no reactivo.
- iv. Procedimiento.
- a. Fabricación de la galleta de pasta de yeso:
Debe mezclarse y prepararse la pasta de yeso con la cantidad de agua determinada siguiendo uno de los métodos descritos en los apartados 4.3.1 (método del amasado a saturación) o 4.3.2 (método de la fluidez de la pasta) según el tipo de yeso que se vaya a ensayar. Se debe anotar el tiempo en el que se pone en contacto el yeso o el conglomerante de yeso con el agua: (t_0). La pasta de yeso se vierte entonces sobre las placas de vidrio, agitando constantemente, para formar tres galletas de unos 100 mm a 120 mm de diámetro y de unos 5 mm de espesor.
 - b. Determinación del tiempo de principio de fraguado T_i :

El tiempo de principio de fraguado debe determinarse haciendo cortes en la galleta. Tras cada corte, el cuchillo debe limpiarse y secarse. Los cortes deben hacerse a intervalos no superiores a $1/20$ del tiempo esperado del principio de fraguado. Dos de las galletas se emplearán para hacer pruebas, realizándose los cortes definitivos en la tercera.

Se alcanza el principio de fraguado T_i cuando los labios de la hendidura efectuada en el tiempo t_1 dejen de acercarse.
- v. Expresión de los resultados. El tiempo de principio de fraguado T_i viene dado por la fórmula:

$$T_i = t_1 - t_0$$

Donde:

T_i : Es el tiempo de principio de fraguado, en minutos;

t_0 : Es el momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en minutos;

t_1 : Es el tiempo en el que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en minutos.



2.2.8.3 Periodo inicial de absorción (succión)

Según (NTP 399.613, 2005)

2.2.8.3.1 Aparatos

- Bandejas y recipientes: Bandejas y recipientes para agua, con una profundidad no menor de 25 mm, y de largo y ancho tales que la superficie del agua no sea menos de 2000 cm³. La base de la bandeja deberá ser plana cuando este apoyada convenientemente. Las dimensiones no serán menores a 200 mm de largo y 150 mm de ancho.
- Soportes para ladrillos: Se usarán dos barras de acero no corrosible, de 120 mm a 150 mm de longitud, de sección transversal triangular, semicircular o rectangular, de espesor aproximado de 6 mm. El espesor de las dos barras estará entre 0.03 mm y su las barras tienen sección transversal rectangular su ancho no excederá 2 mm.
- Dispositivos para mantener el nivel de agua constante: Se deberá incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua por encima de los soportes de ladrillo, incluyendo los dispositivos para agregar el agua a la bandeja en el momento de retirar los ladrillos. Un método adecuado para controlar el agua que se agrega en la bandeja consiste en: controlar que un ladrillo o medio ladrillo proporcionen un desplazamiento de 3 mm de agua que corresponde a $\pm 2.5\%$. Sumergir completamente el ladrillo referencial no más de tres horas.
- Balanza: Con una capacidad no menor a 3000 g y una aproximación de 0.5 g.
- Horno de secado: Conforme a los requerimientos indicados en el apartado 8.1.4.
- Cámara de temperatura constante: Mantiene una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Dispositivo de sincronización: Para la sincronización se puede usar un reloj o un cronómetro, que indicará un tiempo de un minuto con una aproximación a 1 s.
- Espécimen de prueba: Muestras a ensayarse.

2.2.8.3.2 Procedimiento

- i. El período inicial de absorción deberá determinarse mediante el ensayo especificado, secado al horno o secado al aire. Si no se especifica, el tiempo inicial de absorción podrá ser determinado por una prueba de secado al horno. Secar y enfriar los especímenes de prueba en concordancia con los procedimientos indicados en los apartados 11.3.1.1 o 11.3.1.2. completar el procedimiento de ensayo en concordancia con los apartados 11.3.2, 11.3.3 y 11.3.4.
 - a. Secado al horno: Secar y enfriar los especímenes de prueba según lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2.
 - b. Secado en ambiente aireado: Almacenar las unidades no apiladas, con separación entre ellas, en un cuarto ventilado, a temperatura entre $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa entre 30% y 70% por un periodo de 4 horas, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Continúe hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor de 0.2% desde la última pesada del espécimen.
- ii. Medir con una aproximación de 1.27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba, para unidades rectangulares, o determinar el área que estará en contacto con el agua para unidades de otras formas, con métodos adecuados similares al propuesto. Pesar el espécimen con una aproximación de 0.5 g.
- iii. Ajuste la posición de la bandeja de la prueba de absorción, de manera tal que el fondo de la misma esté nivelado, debiéndose comprobar con un nivel de burbuja y fije el ladrillo referencial saturado encima de los soportes. Agregar agua hasta que el nivel de la misma sea de $3 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$ sobre los soportes.

Cuando el espécimen de prueba sea retirado, la profundidad del agua deberá ser de $3 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$ más la profundidad de los soportes. Después de retirar el ladrillo referencial. Sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el periodo de contacto, $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$, se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos agregando agua si

se requiere. Al final del tiempo de $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$, retirar el espécimen y secar el agua superficial con un paño húmedo y volver a pesar el espécimen con aproximación de 0.5 g. el secado del agua superficial se hará dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min.

2.2.8.3.3 Cálculo e informe

- i. La diferencia en el peso, en g, entre el peso inicial y final es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) no difiere más de $\pm 2.5\%$ de 200 cm^2 , reportar el incremento de peso de cada espécimen con una aproximación a 0.1 g, como el índice inicial de absorción en un minuto.
- ii. Si el área del espécimen difiere más de $\pm 2.5\%$ de 200 cm^2 , se corregirá el peso mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación de 0.1 g:

$$X = 200W / L * B$$

Donde:

X: Diferencia de pesos corregida sobre la base de 64 cm^2

W: Diferencia de pesos del espécimen (gr)

L: Longitud de espécimen (cm)

B: Ancho del espécimen (cm)

- iii. Informar como la absorción inicial en 1 minutos el resultado de la succión corregida del espécimen (X), con aproximación a 0.1 g.
- iv. Si el espécimen de prueba es un ladrillo común, calcular el área neta y sustituir por $L*B$ en la ecuación dada en 11.4.2 (ii). Reportar la diferencia de peso corregida como la absorción inicial en un minuto.
- v. Si el espécimen no es prismático, calcular el área neta mediante un método geométrico adecuado y sustituir $L*B$ en la ecuación dada en 11.4.2 (ii).
- vi. Incluir en el informe si para secar los especímenes se utilizó el horno de secado (en concordancia con lo indicado en 11.3.1.1) o secado al aire (en concordancia con lo indicado en el apartado 11.3.1.2).



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la tesis

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa porque nos permitió evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles. Además estuvo orientada a la descripción, predicción y explicación de datos medibles.

Según (Hernández, 2004), en una investigación cuantitativa se pretende generalizar los resultados encontrados en un grupo a una colectividad mayor.

La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de estos.

La investigación cuantitativa nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

3.1.2. Nivel de investigación

La presente investigación fue de nivel descriptivo porque se describió el contexto de la investigación cuantificando de la manera más precisa las variables o elementos que intervinieron en la investigación.

3.1.3. Método de investigación

Al suponer la respuesta se trató de demostrar con los resultados si la respuesta es válida, por ello se afirmó que el método utilizado es el Hipotético-Deductivo.

(Hernández, 2004), El método Hipotético-Deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.



3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Diseño Metodológico

3.2.1.1 Diseño Cuasiexperimental

Según (Hernández, 2004) Los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.

La investigación que realizamos fue de tipo descrito en líneas anteriores porque se observaron los fenómenos tal y como se suscitaron en su contexto natural, así mismo se varió intencionalmente una variable independiente (temperatura de cocción).

3.2.2 Diseño de Ingeniería.

- En un primer periodo de estudio, se procedió a hacer el reconocimiento de la Cantera Orlando 2007 y determinar puntos específicos para la extracción de la materia prima.
- A continuación se extrajo la materia prima para llevarla al laboratorio y poder realizar el proceso de producción de yeso. En la calcinación la temperatura de cocción se varió de acuerdo al tipo de yeso que se quiso obtener, para este caso se obtuvo semihidrato, anhidrita I, anhidrita II, Anhidrita III y yeso hidráulico.
- Luego se procedió a realizar el chancado final, teniendo un producto listo para ser ensayado.
- Teniendo el yeso en sus diferentes adaptaciones, se procedió a someterlo a los cuatro ensayos, resistencia a compresión, resistencia flexión, tiempo de fraguado y succión.
- Finalmente se continuó con el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones

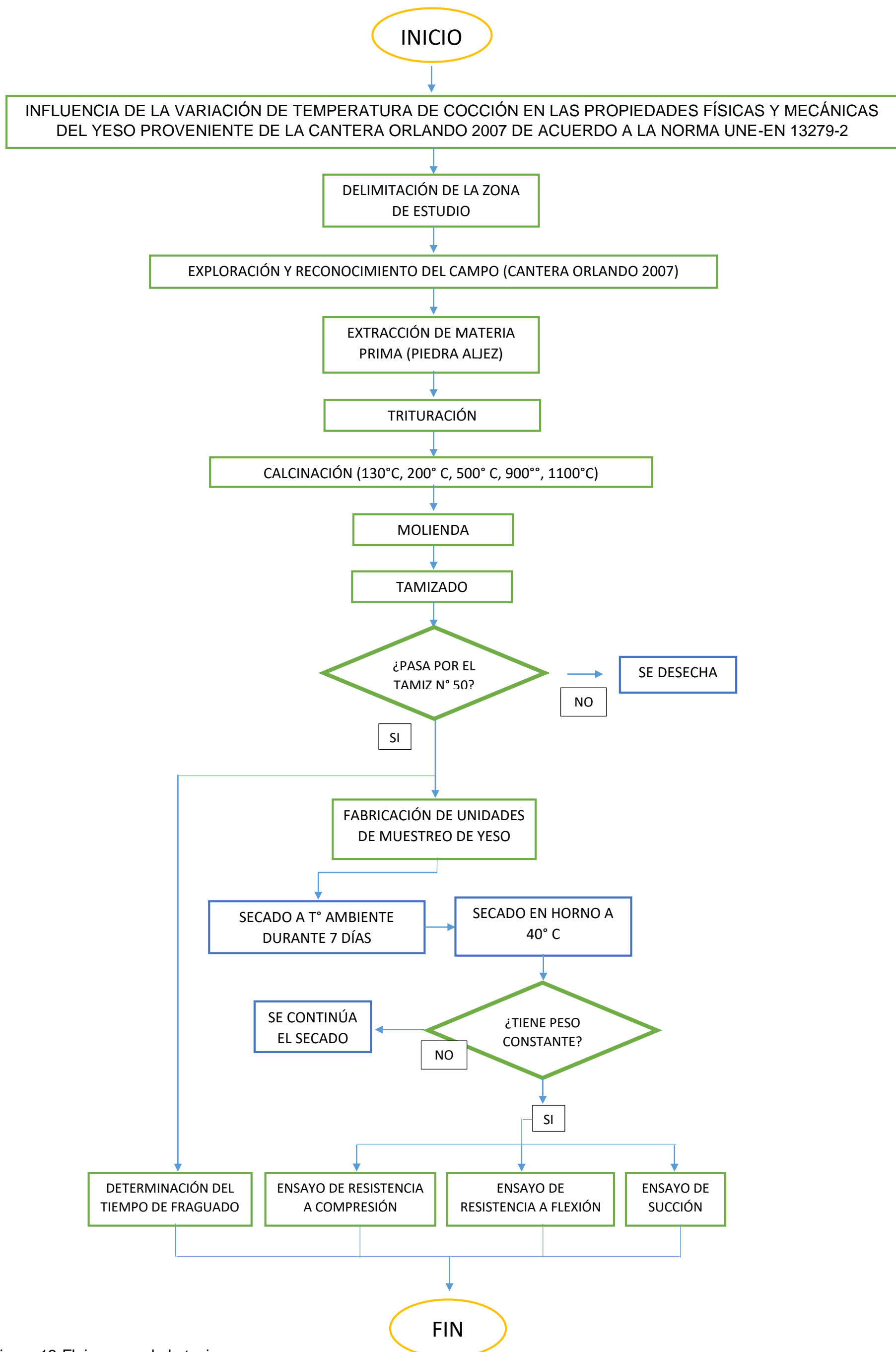


Figura 13. Flujograma de la tesis



3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la Población

Nuestra población está constituida por las unidades prismáticas y el yeso pasante por la malla N° 50.

3.3.1.2 Cuantificación de la Población

Para la población se tuvo 180 unidades prismáticas de yeso y 7.00 Kg del material pasante por la malla N° 50.

3.3.2 Muestra.

3.3.2.1 Descripción de la Muestra

La muestra para la presente investigación está compuesta por todos los elementos de la población.

3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra.

La muestra comprende 9 unidades prismáticas por cada uno de los ensayos de flexión y absorción, 18 unidades para el ensayo de compresión (para cada yeso calcinado a diferentes temperaturas) haciendo un total de 180 unidades. Y 1.400 Kg. de yeso pasante por la malla N° 50 para el ensayo de succión por cada temperatura de calcinación, requiriendo en total de 7.000 Kg.

3.3.2.3 Método de Muestreo

En este tema de investigación se hace uso del Método no Probabilístico o también llamado Muestreo Intencional ya que las muestras son seleccionadas en base al criterio de los tesisistas.

Se tomó como base para la elaboración de las muestras lo indicado en la norma UNE.EN 13279-2 para su fabricación en una cantidad necesaria que permita realizar los ensayos de compresión, flexión, succión y tiempo de fraguado.

3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra

Tabla N° 2

Cantidad de muestras para ensayos físicos y mecánicos

ENSAYOS	TEMPERATURA				
	130°C	200°C	500°C	900°C	1100°C
Resistencia a compresión	18 und	18 und	18 und	18 und	18 und
Resistencia a flexión	9 und	9 und	9 und	9 und	9 und
Tiempo de fraguado	1.4 kg	1.4 kg	1.4 kg	1.4 kg	1.4 kg
Succión	9 und	9 und	9 und	9 und	9 und

3.3.3. Criterios de Inclusión

- ✓ La materia prima deberá ser extraída de la Cantera Orlando 2007.
- ✓ La Sección transversal de las unidades prismáticas es de 40 mm x 40 mm y una longitud de 160 mm.
- ✓ Yeso triturado pasante por el tamiz N° 50.
- ✓ Secado de las unidades prismáticas durante 7 días a temperatura ambiente del laboratorio de ensayo.
- ✓ Secado de las unidades prismáticas en horno a 40°C hasta obtener peso constante.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

3.4.1.1. Guías de observación

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																										
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN																																																											
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004																																																											
TESIS:	"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"																																																										
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																										
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:																																																									
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 18																																																									
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:																																																									
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra</th><th>Fc</th><th>L (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>01</td><td></td><td></td></tr><tr><td>02</td><td></td><td></td></tr><tr><td>03</td><td></td><td></td></tr><tr><td>04</td><td></td><td></td></tr><tr><td>05</td><td></td><td></td></tr><tr><td>06</td><td></td><td></td></tr><tr><td>07</td><td></td><td></td></tr><tr><td>08</td><td></td><td></td></tr><tr><td>09</td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		Muestra	Fc	L (mm)	01			02			03			04			05			06			07			08			09			10			11			12			13			14			15			16			17			18			OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
Muestra	Fc	L (mm)																																																									
01																																																											
02																																																											
03																																																											
04																																																											
05																																																											
06																																																											
07																																																											
08																																																											
09																																																											
10																																																											
11																																																											
12																																																											
13																																																											
14																																																											
15																																																											
16																																																											
17																																																											
18																																																											

Fc: Es la máxima
carga en la
rotura en N

Figura 14. Guía de observación del ensayo de determinación de la resistencia a compresión



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																					
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN																						
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004																						
TESIS: "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"																						
TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																						
LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007 LABORATORISTA: Tesisistas		FECHA: 09 Nº DE MUESTRAS: TEMPERATURA:																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="color: blue;">Muestra</th> <th style="color: blue;">P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="color: blue;">01</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">02</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">03</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">04</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">05</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">06</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">07</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">08</td><td></td></tr> <tr><td style="color: blue;">09</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Muestra	P	01		02		03		04		05		06		07		08		09		P: Es la carga de rotura	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	P																					
01																						
02																						
03																						
04																						
05																						
06																						
07																						
08																						
09																						

Figura 15. Guía de observación del ensayo de determinación de la resistencia a flexión



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																			
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO																																																				
Ensayo basado en:		UNE - EN 13279-2:2004																																																		
TESIS:	"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"																																																			
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucía LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																			
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:																																																		
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:																																																		
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Muestra</th> <th>t1</th> <th>to (min)</th> <th>to (seg)</th> <th>D (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>02</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>03</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>04</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>05</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>06</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>07</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>09</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en minutos to: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en minutos. D: Diámetro de la galleta</p>		Muestra	t1	to (min)	to (seg)	D (mm)	01					02					03					04					05					06					07					08					09					OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	t1	to (min)	to (seg)	D (mm)																																																
01																																																				
02																																																				
03																																																				
04																																																				
05																																																				
06																																																				
07																																																				
08																																																				
09																																																				

Figura 16. Guía de observación del ensayo de determinación de los tiempos de fraguado



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

Ensayo basado en: NTP 399.613

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007 LABORATORISTA: Tesistas	FECHA: Nº DE MUESTRAS: 09 TEMPERATURA:
--	---

MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	Wo (gr)	W1 (gr)	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Wo: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr
W1: Peso inicial del espécimen secado, en gr

Figura 17. Guía de observación del ensayo periodo inicial de absorción (succión)

3.4.1.2. Instrumentos de cálculo

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN		
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004		
TESIS:	"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"	
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio	
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:
		18

Muestra	Xi = Fc (N)	Media X	Xi - X	(Xi - X)²	S	EVALUACIÓN
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

OBSERVACIONES:

Muestra	Fc (N)	L (mm)	L² (mm²)	Rc (N/mm²)
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
			Rcpromedio:	0.00

$$R_c = \frac{F_{C_{PROMEDIO}}}{\text{Área}}$$

Rc =	0.00	N/mm²
Rc =	0.00	Kg/cm²

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N
Rc: Es la resistencia a compresión
Área: Área en la que se aplica la carga

Figura 18. Instrumento de cálculo de la resistencia a compresión



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA: Tesisistas	TEMPERATURA: 130° C

Muestra	Xi = P (N)	Media X	Xi -X	(Xi -X)²	S	EVALUACIÓN
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

P: Es la carga de rotura en N

OBSERVACIONES:

<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr><th style="text-align: center;">Muestra</th><th style="text-align: center;">P</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">01</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">02</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">03</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">04</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">05</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">06</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">07</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">08</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">09</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ppromedio:</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Muestra	P	01		02		03		04		05		06		07		08		09		Ppromedio:		$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$ <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr><td style="text-align: center;">PF =</td><td style="text-align: center;">0.00</td><td style="text-align: center;">N/mm²</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">PF =</td><td style="text-align: center;">0.00</td><td style="text-align: center;">Kg/cm²</td></tr> </table> <p>P: Es la carga de rotura en N PF: Es la resistencia a flexión</p>	PF =	0.00	N/mm²	PF =	0.00	Kg/cm²	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
Muestra	P																													
01																														
02																														
03																														
04																														
05																														
06																														
07																														
08																														
09																														
Ppromedio:																														
PF =	0.00	N/mm²																												
PF =	0.00	Kg/cm²																												

Figura 19. Instrumento de cálculo de la resistencia a flexión



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																														
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO																																																																																															
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004																																																																																															
TESIS: "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"																																																																																															
TESISISTAS: BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																																																															
LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007 LABORATORISTA: Tesisistas	FECHA: 09 Nº DE MUESTRAS: TEMPERATURA:																																																																																														
MÉTODO DEL CUCHILLO																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>t0 (min)</th> <th>t1 (min)</th> <th>Ti (min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>02</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>03</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>04</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>05</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>06</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>07</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>09</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>to: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min. t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min. Ti: Tiempo de principio de fraguado, en min.</p>		Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)	01				02				03				04				05				06				07				08				09				OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																																																					
Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)																																																																																												
01																																																																																															
02																																																																																															
03																																																																																															
04																																																																																															
05																																																																																															
06																																																																																															
07																																																																																															
08																																																																																															
09																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>$X_i = W$ (gr)</th> <th>Media X</th> <th>$X_i - X$</th> <th>$(X_i - X)^2$</th> <th>S</th> <th>EVALUACIÓN</th> <th>Ti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: right;">Ti (Promedio)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								MUESTRA	$X_i = W$ (gr)	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN	Ti	1								2								3								4								5								6								7								8								9								Ti (Promedio)							
MUESTRA	$X_i = W$ (gr)	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN	Ti																																																																																								
1																																																																																															
2																																																																																															
3																																																																																															
4																																																																																															
5																																																																																															
6																																																																																															
7																																																																																															
8																																																																																															
9																																																																																															
Ti (Promedio)																																																																																															

Figura 20. Instrumento de cálculo de los tiempos de fraguado

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)		
Ensayo basado en:		NTP 399.613
TESIS: "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"		
TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucía LOAYZA VELAZQUE, Peter Valerio		
LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007 LABORATORISTA: Tesistas	FECHA: Nº DE MUESTRAS: 09 TEMPERATURA:	

MUESTR A	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	EVALUACIÓ N DE ÁREA	Wo (gr)	W1 (gr)	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

MUESTR A	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓ N	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
PROMEDIO							

$W = W_0 - W_1$

W: Absorción inicial o succión (gr)
 Wo: Peso seco del espécimen
 W1: después de la sumersión parcial

$X = 64W / LB$

$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{n - 1}}$

Figura 21. Guía de observación del ensayo periodo inicial de absorción (succión)

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

3.4.2.1 Equipo de CBR

Equipo de compresión con pistón de penetración CBR, capaz de penetrar a una tasa de 1.27 mm/min, que mide la carga aplicada en la muestra y la deformación.



Figura 22. Equipo de CBR

3.4.2.2 Vernier

Instrumento que sirve para realizar mediciones de precisión en centímetros, milímetros o pulgadas.



Figura 23. Vernier

3.4.2.3 Placas para aplicación de carga

Placas de acero de 4mm de largo y ancho por 0.2mm de espesor para ajustar el área de contacto entre la prensa de aplicación de carga y la muestra a ensayar a compresión.



Figura 24. Placas para aplicación de carga

3.4.2.4 Rodillos para aplicación de carga puntual

Rodillos con centros separados 100mm para la correcta aplicación de carga en el ensayo a flexión.



Figura 25. Rodillos para aplicación de carga

3.4.2.4 Placa de vidrio liso

Placa de vidrio liso con medidas de 40cm de largo y 40cm de ancho.



Figura 26. Placa de vidrio liso

3.4.2.5 Espátula

Instrumento que permite el mezclado homogéneo de materiales.



Figura 27. Espátula

3.4.2.6 Balanza de precisión

Instrumento que permite el obtener el peso con una precisión de 0.1gr.



Figura 28. Balanza de precisión

3.4.2.7 Horno eléctrico

Aparato con regulador de temperatura que sirve para el desecado de materiales a temperatura constante.



Figura 29. Horno eléctrico


3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Ensayo de resistencia a compresión

A) Equipos utilizados en la prueba

Tabla N° 3

Equipos utilizados en el ensayo de resistencia a compresión

<p>Equipo de CBR</p>	
----------------------	--

Placas de aplicación de carga	
Vernier	

B) Procedimiento

- ✓ Utilizando el vernier se midieron las secciones de los trozos rotos de las probetas del ensayo de resistencia a flexión.



Figura 30. Medición de las longitudes de la unidad para ensayo a compresión

- ✓ Las unidades a ensayar se colocaron con las caras laterales no dañadas hacia arriba y hacia abajo entre las placas de aplicación de carga, teniendo una sección de contacto aproximada de 40 mm x 40 mm.



Figura 31. Colocación de la unidad para ensayo a compresión

- ✓ Finalmente se aplicó la carga a las unidades hasta obtener su máxima resistencia a compresión.

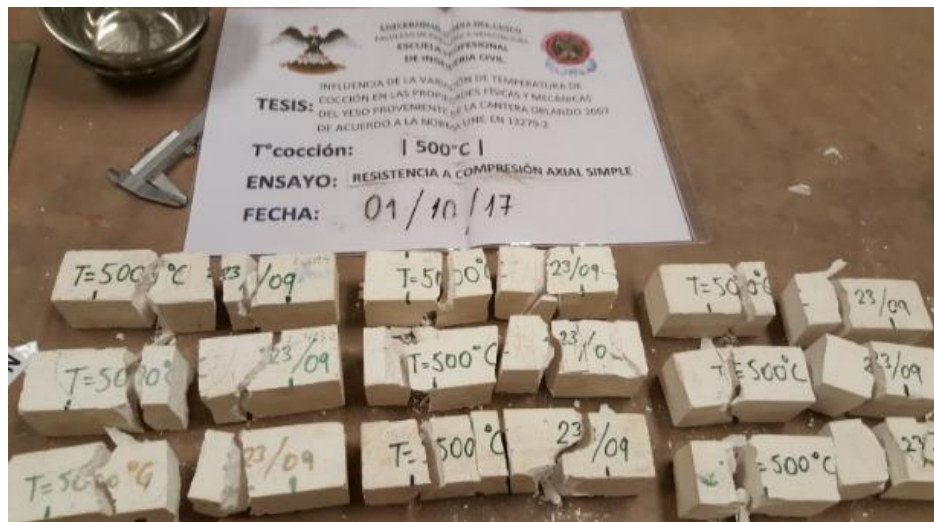


Figura 32. Muestras de yeso después del ensayo a compresión

C) Toma de datos

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 																																																												
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN																																																												
Ensayo basado en: JNE - EN 13279-2:2004																																																												
TESIS:	"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"																																																											
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																											
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 24/08/2017																																																										
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRA 18																																																										
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA: 130°C																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>Muestra</th><th>Fc</th><th>L (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>01</td><td>7915.00</td><td>41.00</td></tr><tr><td>02</td><td>8553.00</td><td>41.00</td></tr><tr><td>03</td><td>10888.00</td><td>40.50</td></tr><tr><td>04</td><td>8801.00</td><td>42.00</td></tr><tr><td>05</td><td>9079.00</td><td>41.50</td></tr><tr><td>06</td><td>10449.00</td><td>41.00</td></tr><tr><td>07</td><td>10835.00</td><td>39.50</td></tr><tr><td>08</td><td>12209.00</td><td>40.00</td></tr><tr><td>09</td><td>16427.00</td><td>40.50</td></tr><tr><td>10</td><td>11352.00</td><td>41.50</td></tr><tr><td>11</td><td>9364.00</td><td>40.00</td></tr><tr><td>12</td><td>11910.00</td><td>40.00</td></tr><tr><td>13</td><td>9198.00</td><td>40.00</td></tr><tr><td>14</td><td>9150.00</td><td>40.50</td></tr><tr><td>15</td><td>9269.00</td><td>41.00</td></tr><tr><td>16</td><td>11835.00</td><td>41.00</td></tr><tr><td>17</td><td>8935.00</td><td>40.00</td></tr><tr><td>18</td><td>10131.00</td><td>40.50</td></tr></tbody></table>		Muestra	Fc	L (mm)	01	7915.00	41.00	02	8553.00	41.00	03	10888.00	40.50	04	8801.00	42.00	05	9079.00	41.50	06	10449.00	41.00	07	10835.00	39.50	08	12209.00	40.00	09	16427.00	40.50	10	11352.00	41.50	11	9364.00	40.00	12	11910.00	40.00	13	9198.00	40.00	14	9150.00	40.50	15	9269.00	41.00	16	11835.00	41.00	17	8935.00	40.00	18	10131.00	40.50	Fc: Es la máxima carga en la rotura en N	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div>
Muestra	Fc	L (mm)																																																										
01	7915.00	41.00																																																										
02	8553.00	41.00																																																										
03	10888.00	40.50																																																										
04	8801.00	42.00																																																										
05	9079.00	41.50																																																										
06	10449.00	41.00																																																										
07	10835.00	39.50																																																										
08	12209.00	40.00																																																										
09	16427.00	40.50																																																										
10	11352.00	41.50																																																										
11	9364.00	40.00																																																										
12	11910.00	40.00																																																										
13	9198.00	40.00																																																										
14	9150.00	40.50																																																										
15	9269.00	41.00																																																										
16	11835.00	41.00																																																										
17	8935.00	40.00																																																										
18	10131.00	40.50																																																										

Figura 33. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (130°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Ensayo basado en: **UNE - EN 13279-2:2004**

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	27/09/2017
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	18
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	200°C

Muestra	Fc	L (mm)	Fc: Es la máxima carga en la rotura en N	OBSERVACIONES:
01	14212.00	41.00		
02	16039.00	41.00		
03	15473.00	41.50		
04	17033.00	41.00		
05	20181.00	41.00		
06	17781.00	41.00		
07	15915.00	41.00		
08	18356.00	40.50		
09	15012.00	42.00		
10	15971.00	42.00		
11	17300.00	41.50		
12	16880.00	41.50		
13	14424.00	41.50		
14	14420.00	42.00		
15	18555.00	41.00		
16	17875.00	41.00		
17	14525.00	41.50		
18	15078.00	41.50		

Figura 34. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (200°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZAQUISPE, Lucía
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	01/10/2017
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	18
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	500°C

Muestra	Fc	L (mm)	Fc: Es la máxima carga en la rotura en N	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div>
01	10718.00	41.50		
02	14670.00	41.00		
03	14646.00	41.50		
04	14703.00	41.00		
05	11981.00	42.00		
06	13679.00	41.00		
07	8498.00	41.50		
08	16164.00	41.00		
09	15756.00	41.00		
10	15781.00	41.50		
11	12894.00	41.50		
12	11084.00	41.00		
13	4765.00	41.00		
14	6139.00	41.00		
15	5456.00	40.00		
16	5952.00	40.50		
17	10527.00	41.00		
18	17561.00	41.00		

Figura 35. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (500°C)

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	09/10/2017
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	18
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	900 °C

Muestra	Fc	L (mm)	Fc: Es la máxima carga en la rotura en N	OBSERVACIONES:
01	15614.00	41.00		
02	13491.00	41.00		
03	18456.00	41.50		
04	20533.00	41.50		
05	15700.00	40.50		
06	15719.00	40.50		
07	12950.00	40.00		
08	15932.00	40.00		
09	21639.00	41.00		
10	18025.00	41.50		
11	14921.00	40.50		
12	13536.00	40.50		
13	14481.00	41.00		
14	15928.00	40.50		
15	14713.00	40.50		
16	17762.00	40.50		
17	22232.00	40.50		
18	22337.00	40.50		

Figura 36. Toma de datos del ensayo resistencia a compresión (900°C)

Las probetas fabricadas con el yeso calcinado a 1100° C no fraguaron en su totalidad, es decir no eran trabajables y no se pudieron desmoldar.

3.5.2. Ensayo de resistencia a flexión

A) Equipos utilizados en la prueba

Tabla N° 4

Equipos utilizados en el ensayo de resistencia a flexión

<p>Equipo de CBR</p>	
<p>Rodillos para aplicación de carga</p>	
<p>Vernier</p>	

B) Procedimiento

- ✓ Se colocaron marcas de referencia para ubicar las probetas sobre los rodillos haciendo uso del vernier.



Figura 37. Marcas de referencia para ensayo de flexión

- ✓ Se colocó las probetas sobre los rodillos de centros separados a 100 mm y un rodillo en la parte superior central de la probeta.



Figura 38. Colocación de la muestra para ensayo a flexión

- ✓ Y finalmente se aplicó la carga hasta obtener la resistencia máxima a flexión que ocurre cuando el espécimen falla.



Figura 39. Falla de la unidad de muestreo en ensayo a flexión



Figura 40. Unidades fabricadas con yeso a 500°C luego del ensayo a flexión

C) Toma de datos

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																						
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN																						
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004																						
TESIS:	"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"																					
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																					
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	22/08/2017																			
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	09																			
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	130°C																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>Muestra</th><th>P</th></tr></thead><tbody><tr><td>01</td><td>1356.00</td></tr><tr><td>02</td><td>690.00</td></tr><tr><td>03</td><td>1086.00</td></tr><tr><td>04</td><td>1396.00</td></tr><tr><td>05</td><td>1224.00</td></tr><tr><td>06</td><td>734.00</td></tr><tr><td>07</td><td>609.00</td></tr><tr><td>08</td><td>1300.00</td></tr><tr><td>09</td><td>1029.00</td></tr></tbody></table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">P: Es la carga de rotura en N</p>		Muestra	P	01	1356.00	02	690.00	03	1086.00	04	1396.00	05	1224.00	06	734.00	07	609.00	08	1300.00	09	1029.00	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	P																					
01	1356.00																					
02	690.00																					
03	1086.00																					
04	1396.00																					
05	1224.00																					
06	734.00																					
07	609.00																					
08	1300.00																					
09	1029.00																					

Figura 41. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (130°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004 |

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	25/09/2017
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	09
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	200°C

<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="color: blue;">Muestra</th> <th style="color: blue;">P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="color: blue;">01</td><td style="color: blue;">2150.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">02</td><td style="color: blue;">2614.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">03</td><td style="color: blue;">1620.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">04</td><td style="color: blue;">2437.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">05</td><td style="color: blue;">1270.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">06</td><td style="color: blue;">2094.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">07</td><td style="color: blue;">2507.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">08</td><td style="color: blue;">1701.00</td></tr> <tr><td style="color: blue;">09</td><td style="color: blue;">1667.00</td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 100px;">P: Es la carga de rotura en N</p>	Muestra	P	01	2150.00	02	2614.00	03	1620.00	04	2437.00	05	1270.00	06	2094.00	07	2507.00	08	1701.00	09	1667.00	<p>OBSERVACIONES:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	P																				
01	2150.00																				
02	2614.00																				
03	1620.00																				
04	2437.00																				
05	1270.00																				
06	2094.00																				
07	2507.00																				
08	1701.00																				
09	1667.00																				

Figura 42. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (200°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004 |

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:	01/01/2017
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS:	09
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:	500°C

Muestra	P	
01	1196.00	P: Es la carga de rotura en N
02	1830.00	
03	1328.00	
04	1015.00	
05	977.00	
06	1026.00	
07	2053.00	
08	1685.00	
09	1454.00	

OBSERVACIONES:

Figura 43. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (500°c)

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																					
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN																					
Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004																					
TESIS: "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"																					
TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																					
LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 11/10/2017																				
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09																				
LABORATORISTA: Tesisistas	TEMPERATURA: 900°C																				
<table border="1" style="margin: auto;"><thead><tr><th>Muestra</th><th>P</th></tr></thead><tbody><tr><td>01</td><td>1581.00</td></tr><tr><td>02</td><td>1871.00</td></tr><tr><td>03</td><td>1828.00</td></tr><tr><td>04</td><td>1568.00</td></tr><tr><td>05</td><td>2112.00</td></tr><tr><td>06</td><td>1709.00</td></tr><tr><td>07</td><td>1448.00</td></tr><tr><td>08</td><td>1634.00</td></tr><tr><td>09</td><td>2277.00</td></tr></tbody></table> <p style="margin-left: 100px;">P: Es la carga de rotura en N</p>	Muestra	P	01	1581.00	02	1871.00	03	1828.00	04	1568.00	05	2112.00	06	1709.00	07	1448.00	08	1634.00	09	2277.00	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	P																				
01	1581.00																				
02	1871.00																				
03	1828.00																				
04	1568.00																				
05	2112.00																				
06	1709.00																				
07	1448.00																				
08	1634.00																				
09	2277.00																				

Figura 44. Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión (900°C)


Las probetas fabricadas con el yeso calcinado a 1100° C no fraguaron en su totalidad, es decir no eran trabajables y no se pudieron desmoldar.

3.5.3. Determinación de los tiempos de fraguado (método del cuchillo)

A) Equipos utilizados en la prueba

Tabla N° 5

Equipos utilizados en el ensayo de determinación de tiempo de fraguado

<p>Placa de vidrio lisa</p>	
<p>Cronómetro</p>	
<p>Recipientes de amasado</p>	

Espátula	
Balanza	

B) Procedimiento

- ✓ Se pesaron las cantidades de agua y yeso necesarias para cubrir la relación de 0.6 (Agua/yeso)

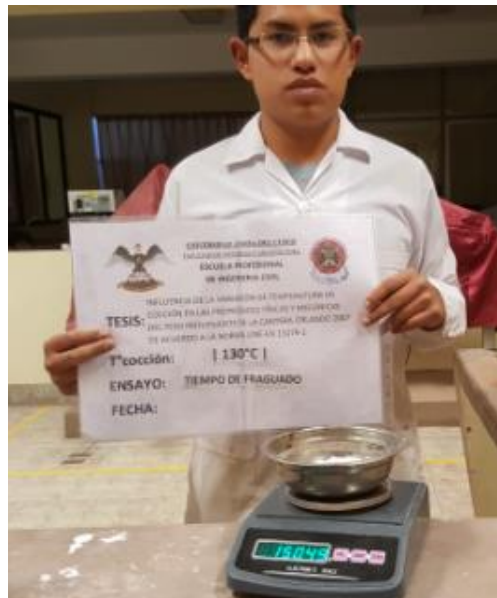


Figura 45. Pesaje de materiales

- ✓ Se realizó el mezclado haciendo movimientos en forma de ocho hasta hacer homogénea la pasta.



Figura 46. Mezclado de la pasta de yeso

- ✓ El tiempo se anotó desde que se puso en contacto el agua con el yeso.
- ✓ Se vertió la pasta sobre el vidrio liso formando tres “galletas” de unos 100 mm a 120 mm de diámetro y unos 5 mm de espesor.



Figura 47. Formado de las “galletas”

- ✓ Para determinar el principio de tiempo de fraguado se realizaron cortes de prueba en dos galletas limpiando la superficie del cuchillo tras cada corte.



Figura 48. Cortes en las dos “galletas” de prueba

- ✓ Se tuvo en cuenta intervalos de $1/20$ del tiempo esperado para los cortes.
- ✓ Se realizó el corte final sobre la tercera galleta.
- ✓ Se alcanza el principio de fraguado cuando los labios de la hendidura efectuada dejan de acercarse.

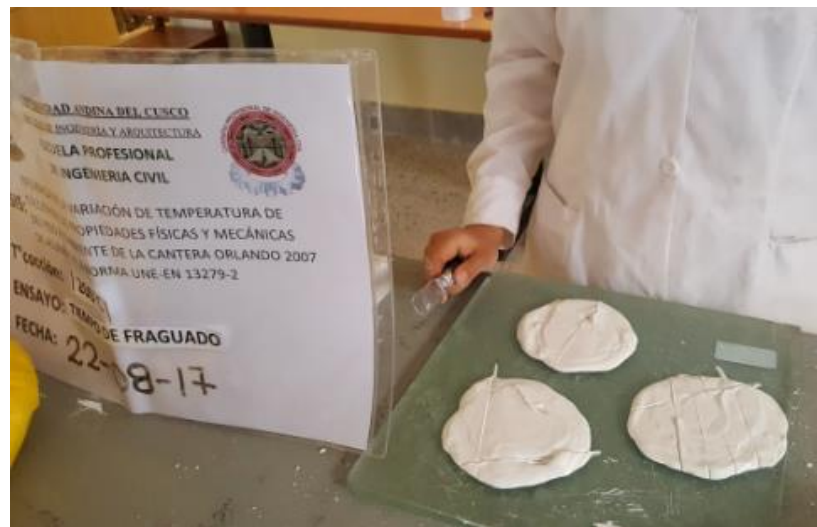


Figura 49. Corte definitivo en la tercera “galleta”

C) Toma de datos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007 LABORATORISTA: Tesistas	FECHA: 22/08/2017 Nº DE MUESTRAS: 09 TEMPERATURA: 130°C
---	---

MÉTODO DEL CUCHILLO

Muestra	t0 (min)	t1			D (mm)
		h	min	seg	
01	0.0	0	1	29	105.0
02	0.0	0	1	35	100.0
03	0.0	0	1	34	110.0
04	0.0	0	1	36	116.0
05	0.0	0	1	37	102.0
06	0.0	0	1	36	104.0
07	0.0	0	1	24	106.0
08	0.0	0	1	22	110.0
09	0.0	0	1	25	112.0

t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min.

to: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min.

D: Diámetro de la galleta, en mm.

OBSERVACIONES:

Figura 50. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (130°C)


	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO																																																																	
Ensayo basado en:		UNE - EN 13279-2:2004																																																															
TESIS:	"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"																																																																
TESISTAS:	BOZA QUIISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																																
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 15/09/2017 - 16/09/2017																																																															
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09																																																															
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA: 200°C																																																															
MÉTODO DEL CUCHILLO																																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Muestra</th> <th rowspan="2">t0 (min)</th> <th colspan="3">t1</th> <th rowspan="2">D (mm)</th> </tr> <tr> <th>h</th> <th>min</th> <th>seg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>25</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>02</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>8</td><td>104.0</td></tr> <tr><td>03</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>16</td><td>112.0</td></tr> <tr><td>04</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>15</td><td>116.0</td></tr> <tr><td>05</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>31</td><td>111.0</td></tr> <tr><td>06</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>20</td><td>109.0</td></tr> <tr><td>07</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>32</td><td>105.0</td></tr> <tr><td>08</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>28</td><td>106.0</td></tr> <tr><td>09</td><td>0.0</td><td>0</td><td>4</td><td>22</td><td>104.0</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;"> t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min. to: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min. D: Diámetro de la galleta, en mm. </p>	Muestra	t0 (min)	t1			D (mm)	h	min	seg	01	0.0	0	4	25	100.0	02	0.0	0	4	8	104.0	03	0.0	0	4	16	112.0	04	0.0	0	4	15	116.0	05	0.0	0	4	31	111.0	06	0.0	0	4	20	109.0	07	0.0	0	4	32	105.0	08	0.0	0	4	28	106.0	09	0.0	0	4	22	104.0	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	t0 (min)			t1				D (mm)																																																									
		h	min	seg																																																													
01	0.0	0	4	25	100.0																																																												
02	0.0	0	4	8	104.0																																																												
03	0.0	0	4	16	112.0																																																												
04	0.0	0	4	15	116.0																																																												
05	0.0	0	4	31	111.0																																																												
06	0.0	0	4	20	109.0																																																												
07	0.0	0	4	32	105.0																																																												
08	0.0	0	4	28	106.0																																																												
09	0.0	0	4	22	104.0																																																												

Figura 51. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (200°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO

Ensayo basado en: UNE - EN 13279-2:2004

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucía
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 22/09/2017
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA: Tesistas	TEMPERATURA: 500°C

MÉTODO DEL CUCHILLO

Muestra	t0 (min)	t1			D (mm)
		h	min	seg	
01	0.0	0	2	15	106.0
02	0.0	0	2	18	104.0
03	0.0	0	2	28	100.0
04	0.0	0	2	48	112.0
05	0.0	0	2	50	110.0
06	0.0	0	2	47	107.0
07	0.0	0	2	26	106.0
08	0.0	0	2	18	101.0
09	0.0	0	2	10	108.0

OBSERVACIONES:

t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min.
 t0: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min.
 D: Diámetro de la galleta, en mm.

Figura 52. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (500°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO																																																																	
Ensayo basado en:		UNE - EN 13279-2:2004																																																															
TESIS:	"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"																																																																
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucía LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																																
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 26/09/2017 - 27/09/2017																																																															
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09																																																															
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA: 900°C																																																															
MÉTODO DEL CUCHILLO																																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Muestra</th> <th rowspan="2">t0 (min)</th> <th colspan="3">t1</th> <th rowspan="2">D (mm)</th> </tr> <tr> <th>h</th> <th>min</th> <th>seg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>0.0</td><td>5</td><td>55</td><td>38</td><td>102.0</td></tr> <tr><td>02</td><td>0.0</td><td>7</td><td>45</td><td>34</td><td>110.0</td></tr> <tr><td>03</td><td>0.0</td><td>7</td><td>5</td><td>3</td><td>107.0</td></tr> <tr><td>04</td><td>0.0</td><td>5</td><td>59</td><td>9</td><td>109.0</td></tr> <tr><td>05</td><td>0.0</td><td>7</td><td>5</td><td>53</td><td>106.0</td></tr> <tr><td>06</td><td>0.0</td><td>7</td><td>11</td><td>21</td><td>101.0</td></tr> <tr><td>07</td><td>0.0</td><td>8</td><td>5</td><td>13</td><td>109.0</td></tr> <tr><td>08</td><td>0.0</td><td>8</td><td>5</td><td>57</td><td>116.0</td></tr> <tr><td>09</td><td>0.0</td><td>6</td><td>33</td><td>12</td><td>103.0</td></tr> </tbody> </table>	Muestra	t0 (min)	t1			D (mm)	h	min	seg	01	0.0	5	55	38	102.0	02	0.0	7	45	34	110.0	03	0.0	7	5	3	107.0	04	0.0	5	59	9	109.0	05	0.0	7	5	53	106.0	06	0.0	7	11	21	101.0	07	0.0	8	5	13	109.0	08	0.0	8	5	57	116.0	09	0.0	6	33	12	103.0	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra	t0 (min)			t1				D (mm)																																																									
		h	min	seg																																																													
01	0.0	5	55	38	102.0																																																												
02	0.0	7	45	34	110.0																																																												
03	0.0	7	5	3	107.0																																																												
04	0.0	5	59	9	109.0																																																												
05	0.0	7	5	53	106.0																																																												
06	0.0	7	11	21	101.0																																																												
07	0.0	8	5	13	109.0																																																												
08	0.0	8	5	57	116.0																																																												
09	0.0	6	33	12	103.0																																																												
t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min. t0: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min. D: Diámetro de la galleta, en mm.																																																																	

Figura 53. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (900°C)

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																															
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO																																																																
Ensayo basado en:		UNE - EN 13279-2:2004																																																														
TESIS:	"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"																																																															
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucía LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio																																																															
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 26/09/2017 - 27/09/2017																																																														
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09																																																														
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA: 1100°C																																																														
MÉTODO DEL CUCHILLO																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Muestra</th> <th rowspan="2">t0 (min)</th> <th colspan="3">t1</th> <th rowspan="2">D (mm)</th> </tr> <tr> <th>h</th> <th>min</th> <th>seg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>0.0</td><td>14</td><td>16</td><td>20</td><td>102.0</td></tr> <tr><td>02</td><td>0.0</td><td>14</td><td>18</td><td>53</td><td>110.0</td></tr> <tr><td>03</td><td>0.0</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td><td>107.0</td></tr> <tr><td>04</td><td>0.0</td><td>14</td><td>12</td><td>45</td><td>109.0</td></tr> <tr><td>05</td><td>0.0</td><td>14</td><td>17</td><td>33</td><td>106.0</td></tr> <tr><td>06</td><td>0.0</td><td>13</td><td>59</td><td>12</td><td>101.0</td></tr> <tr><td>07</td><td>0.0</td><td>14</td><td>14</td><td>53</td><td>109.0</td></tr> <tr><td>08</td><td>0.0</td><td>14</td><td>30</td><td>54</td><td>116.0</td></tr> <tr><td>09</td><td>0.0</td><td>14</td><td>16</td><td>53</td><td>103.0</td></tr> </tbody> </table> <p>t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en min. t0: Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en min. D: Diámetro de la galleta, en mm.</p>	Muestra	t0 (min)	t1			D (mm)	h	min	seg	01	0.0	14	16	20	102.0	02	0.0	14	18	53	110.0	03	0.0	14	12	11	107.0	04	0.0	14	12	45	109.0	05	0.0	14	17	33	106.0	06	0.0	13	59	12	101.0	07	0.0	14	14	53	109.0	08	0.0	14	30	54	116.0	09	0.0	14	16	53	103.0	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>
Muestra			t0 (min)	t1			D (mm)																																																									
	h	min		seg																																																												
01	0.0	14	16	20	102.0																																																											
02	0.0	14	18	53	110.0																																																											
03	0.0	14	12	11	107.0																																																											
04	0.0	14	12	45	109.0																																																											
05	0.0	14	17	33	106.0																																																											
06	0.0	13	59	12	101.0																																																											
07	0.0	14	14	53	109.0																																																											
08	0.0	14	30	54	116.0																																																											
09	0.0	14	16	53	103.0																																																											

Figura 54. Toma de datos del ensayo de tiempo de fraguado (1100°C)

3.5.4. Periodo inicial de absorción (succión)

A) Equipos utilizados en la prueba

Tabla N° 6

Equipos utilizados en el ensayo de periodo inicial de absorción (succión)

Recipiente transparente	
-------------------------	--

<p>Soportes para las unidades prismáticas</p>	
<p>Horno de secado</p>	
<p>Cronómetro</p>	
<p>Recipientes de amasado</p>	

Espécimen de prueba saturado	
Balanza	
Nivel de mano	

B) Procedimiento

- ✓ Las unidades prismáticas fueron secadas en horno a una temperatura de 40°C por 24 horas o hasta que tuvieron peso constante.
- ✓ Luego fueron enfriadas a temperatura ambiente no apiladas y con separación entre ellas en un cuarto ventilado por 4 horas.



Figura 55. Especímenes de yeso coccionado a 130°C secados en horno

- ✓ Se midieron las áreas de las caras que entrarían en contacto con la lámina de agua.



Figura 56. Medición de las dimensiones de la cara del espécimen que entrarán en contacto con el agua

- ✓ En un recipiente transparente se colocaron las bases de soporte para las unidades prismáticas controlando que la base este nivelada, y se comprobó con un nivel de burbuja.



Figura 57. Nivelado de las bases de apoyo para los especímenes

- ✓ Se colocó sobre los soportes una unidad prismática saturada y se agregó agua hasta que el nivel de la misma estuvo $3\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ por encima de los soportes y se retiró la unidad de prueba saturada.



Figura 58. Control de altura de agua durante el ensayo de succión

- ✓ Se colocó un espécimen seco sobre los soportes por un tiempo de 1 min \pm 1s y se mantuvo el agua en los niveles antes descritos.



Figura 59. Control de tiempo y nivel de agua

- ✓ El espécimen fue extraído del recipiente con agua y secado con una toalla húmeda dentro de los 10s siguientes luego de retirado del recipiente.



Figura 60. Secado del exceso de agua con una toalla

- ✓ Finalmente se pesó el espécimen en una balanza con precisión de 0.1gr.



Figura 61. Pesado del espécimen

C) Toma de datos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)		
Ensayo basado en:		NTP 399.613
TESIS:	"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"	
TESISTAS:	BOZA QUISPE, Lucia LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio	
LABORATORIO:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA:
UBICACIÓN:	Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA:	Tesistas	TEMPERATURA:

MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	Wo (gr)	W1 (gr)	OBSERVACIONES
1	41.0	158.0	313.5	347.7	
2	40.5	159.0	299.7	340.8	
3	41.0	160.0	280.7	328.1	
4	40.5	158.0	285.8	329.3	
5	40.0	159.0	292.6	338.2	
6	41.0	157.0	278.8	320.2	
7	40.5	159.0	277.8	327.3	
8	41.0	159.0	284.9	327.0	
9	40.5	160.0	284.6	333.4	

Wo: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr
W1: Peso inicial del espécimen secado, en gr

Figura 62. Toma de datos del ensayo de succión (130°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

Ensayo basado en: NTP 399.613

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 18/09/2017
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA: Tesistas	TEMPERATURA: 200°C

MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	Wo (gr)	W1 (gr)	OBSERVACIONES
1	41.0	160.0	315.7	348.4	
2	40.5	160.5	336.0	357.5	
3	40.0	159.5	278.5	332.3	
4	40.5	160.0	318.7	351.4	
5	41.0	159.5	280.6	320.7	
6	40.0	160.0	311.2	344.5	
7	40.5	159.5	304.7	342.3	
8	40.5	159.5	288.4	324.7	
9	40.0	160.5	294.2	336.1	

Wo: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr
W1: Peso inicial del espécimen secado, en gr

Figura 63. Toma de datos del ensayo de succión (200°C)



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

Ensayo basado en: NTP 399.613

TESIS: "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"

TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 23/09/2017
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA: Tesistas	TEMPERATURA: 500°C

MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	Wo (gr)	W1 (gr)	OBSERVACIONES
1	41.0	160.0	335.3	377.1	
2	41.5	161.0	347.5	385.4	
3	41.0	160.5	339.3	372.4	
4	41.5	161.0	335.5	368.6	
5	41.0	160.0	348.2	386.9	
6	41.0	161.0	337.2	373.6	
7	41.0	159.5	325.0	351.7	
8	41.0	160.5	321.9	344.8	
9	40.5	160.5	333.9	359.7	

Wo: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr
W1: Peso inicial del espécimen secado, en gr

Figura 64. Toma de datos del ensayo de succión (500°C)

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

Ensayo basado en: NTP 399.613

TESIS: "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"

 TESISTAS: BOZA QUISPE, Lucia
LOAYZA VELASQUE, Peter Valerio

LABORATORIO: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	FECHA: 28/09/2017
UBICACIÓN: Cantera Orlando 2007	Nº DE MUESTRAS: 09
LABORATORISTA: Tesistas	TEMPERATURA: 900°C

MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	Wo (gr)	W1 (gr)	OBSERVACIONES
1	40.5	160.0	341.6	374.9	
2	40.0	160.0	347.2	371.5	
3	41.0	159.5	352.3	376.9	
4	40.5	160.0	352.8	382.0	
5	40.5	159.0	343.2	378.2	
6	41.0	160.0	354.8	379.8	
7	40.5	159.5	348.5	373.8	
8	40.5	160.0	352.4	376.8	
9	41.0	160.0	354.0	381.4	

Wo: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr
W1: Peso inicial del espécimen seco, en gr

Figura 65. Toma de datos del ensayo de succión (900°C)

Las probetas fabricadas con el yeso calcinado a 1100° C no fraguaron en su totalidad, es decir no eran trabajables y no se pudieron desmoldar.

3.6. Procedimientos de análisis de datos

3.6.1. Resistencia a compresión

3.6.1.1 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 130°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la resistencia a compresión de las unidades prismáticas de usó la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{\text{Área}}$$

Donde:

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N

Rc: Es la resistencia a compresión

Al observar gran variación en los datos de carga máxima recolectados en laboratorio se optó por descartar valores utilizando el método de la desviación estándar; caracterizado por la siguiente fórmula:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds: Desviación estándar

Xi: Valor de la resistencia a compresión en N/mm²

X: Valor promedio de la resistencia a compresión de “n” probetas en N/mm²

n: Número de probetas ensayadas.

Tabla N° 7

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 130°c

Muestra	Xi = Fc (N)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN
01	7915.00	10350.00	-2435.00	5929225.00	1980.71	Desprecia
02	8553.00		-1797.00	3229209		OK
03	10888.00		538.00	289444		OK
04	8801.00		-1549.00	2399401		OK
05	9079.00		-1271.00	1615441		OK
06	10449.00		99.00	9801		OK
07	10835.00		485.00	235225		OK
08	12209.00		1859.00	3455881		OK
09	16427.00		6077.00	36929929		Desprecia
10	11352.00		1002.00	1004004		OK
11	9364.00		-986.00	972196		OK
12	11910.00		1560.00	2433600		OK
13	9198.00		-1152.00	1327104		OK
14	9150.00		-1200.00	1440000		OK
15	9269.00		-1081.00	1168561		OK
16	11835.00		1485.00	2205225		OK
17	8935.00		-1415.00	2002225		OK
18	10131.00		-219.00	47961		OK

Tabla N° 8

Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 130°C con datos aprobados

Muestra	Fc (N)	L (mm)	L*L (mm2)	Rc (N/mm2)	Rc (kg/cm2)
02	8553.00	41.00	1681.00	5.09	51.88
03	10888.00	40.50	1640.25	6.64	67.69
04	8801.00	42.00	1764.00	4.99	50.88
05	9079.00	41.50	1722.25	5.27	53.76
06	10449.00	41.00	1681.00	6.22	63.38
07	10835.00	39.50	1560.25	6.94	70.81
08	12209.00	40.00	1600.00	7.63	77.81
10	11352.00	41.50	1722.25	6.59	67.21
11	9364.00	40.00	1600.00	5.85	59.68
12	11910.00	40.00	1600.00	7.44	75.90
13	9198.00	40.00	1600.00	5.75	58.62
14	9150.00	40.50	1640.25	5.58	56.88
15	9269.00	41.00	1681.00	5.51	56.23
16	11835.00	41.00	1681.00	7.04	71.79
17	8935.00	40.50	1640.25	5.45	55.55
18	10131.00	42.00	1764.00	5.74	58.56
Rcpromedio:				6.11	62.29

$$R_c = \frac{F_{C_{PROMEDIO}}}{\text{Área}}$$

Rc =	6.11	N/mm2
Rc =	62.29	Kg/cm2

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N
 Rc: Es la resistencia a compresión
 Área: Área en la que se aplica la carga

B) Diagramas y tablas

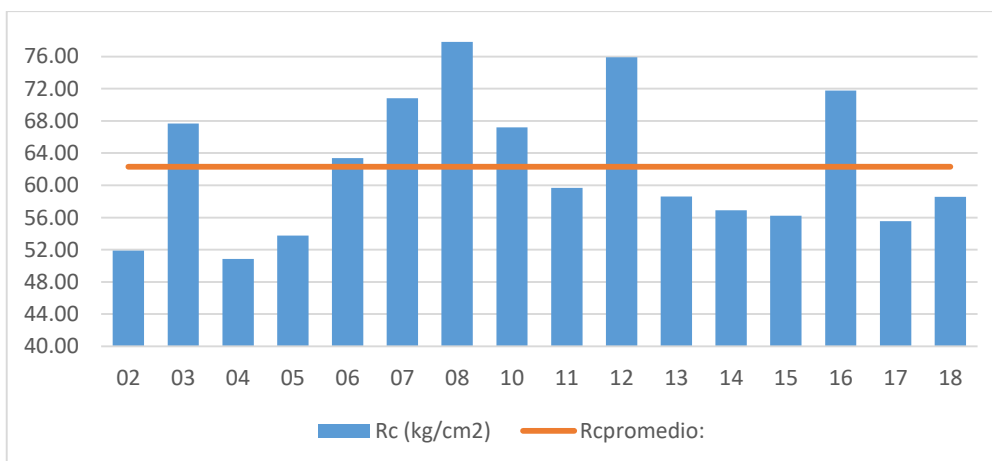


Figura 66. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 130°C y después de descartar 02 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 16 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 50.88 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 04.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 77.81 kg/cm² en el espécimen ensayado N°08.
- ✓ El valor promedio es de 62.29 kg/cm², siendo este inferior al valor referencial de 90 kg/cm² de resistencia a compresión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).

3.6.1.2 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 200°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.1.1.

Tabla N° 9

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 200°C

Muestra	Xi = Fc (N)	Media X	Xi -X	(Xi -X) ²	S	EVALUACIÓN
01	14212.00	16390.56	-2178.56	4746104.31	1706.38	Desprecia
02	16039.00		-351.56	123591.3086		OK
03	15473.00		-917.56	841908.1975		OK
04	17033.00		642.44	412734.8642		OK
05	20181.00		3790.44	14367469.09		Desprecia
06	17781.00		1390.44	1933335.753		OK
07	15915.00		-475.56	226153.0864		OK
08	18356.00		1965.44	3862971.864		Desprecia
09	15012.00		-1378.56	1900415.42		OK
10	15971.00		-419.56	176026.8642		OK
11	17300.00		909.44	827089.1975		OK
12	16880.00		489.44	239555.8642		OK
13	14424.00		-1966.56	3867340.753		Desprecia
14	14420.00		-1970.56	3883089.198		Desprecia
15	18555.00		2164.44	4684819.753		Desprecia
16	17875.00		1484.44	2203575.309		OK
17	14525.00		-1865.56	3480297.531		Desprecia
18	15078.00		-1312.56	1722802.086		OK

Tabla N° 10

Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 200°C con datos aprobados

Muestra	Fc (N)	L (mm)	L*L (mm ²)	Rc (N/mm ²)	Rc (kg/cm ²)
02	16039	41.00	1681.00	9.54	97.29
03	15473	41.50	1722.25	8.98	91.61
04	17033	41.00	1681.00	10.13	103.32
06	17781	41.00	1681.00	10.58	107.86
07	15915	41.00	1681.00	9.47	96.54
09	15012	42.00	1764.00	8.51	86.78
10	15971	42.00	1764.00	9.05	92.32
11	17300	41.50	1722.25	10.04	102.43
12	16880	41.50	1722.25	9.80	99.94
16	17875	41.00	1681.00	10.63	108.43
18	15078	41.50	1722.25	8.75	89.27
Rcpromedio:				9.59	97.80

$$R_c = \frac{F_{C_{PROMEDIO}}}{\text{Área}}$$

Rc =	9.59	N/mm ²
Rc =	97.80	Kg/cm ²

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N
 Rc: Es la resistencia a compresión
 Área: Área en la que se aplica la carga

B) Diagramas y tablas

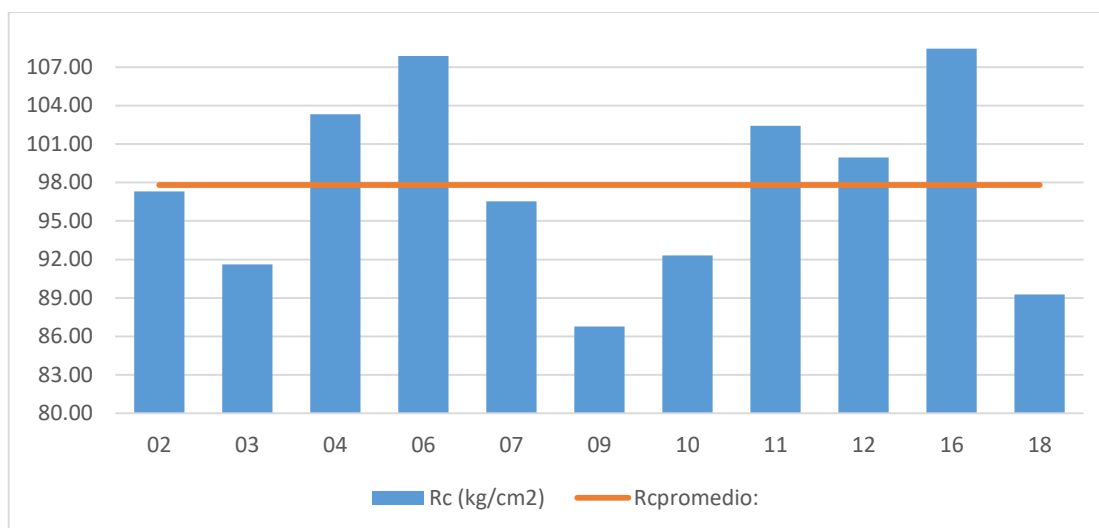


Figura 67. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 200°C y después de descartar 07 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 11 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 86.78 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 09.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 108.43kg/cm² en el espécimen ensayado N°16.
- ✓ El valor promedio es de 97.80 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 90 kg/cm² de resistencia a compresión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a compresión obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°C.

3.6.1.3 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 500°c

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.1.1.

Tabla N° 11

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 500°c

Muestra	$X_i = F_c (N)$	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN
01	10718.00	11720.78	-1002.78	1005563.27	4082.49	OK
02	14670.00		2949.22	8697911.716		OK
03	14646.00		2925.22	8556925.049		OK
04	14703.00		2982.22	8893649.383		OK
05	11981.00		260.22	67715.60494		OK
06	13679.00		1958.22	3834634.272		OK
07	8498.00		-3222.78	10386296.6		OK
08	16164.00		4443.22	19742223.72		Desprecia
09	15756.00		4035.22	16283018.38		OK
10	15781.00		4060.22	16485404.49		OK
11	12894.00		1173.22	1376450.383		OK
12	11084.00		-636.78	405485.9383		OK
13	4765.00		-6955.78	48382844.49		Desprecia
14	6139.00		-5581.78	31156243.16		Desprecia
15	5456.00		-6264.78	39247440.6		Desprecia
16	5952.00		-5768.78	33278797.05		Desprecia
17	10527.00		-1193.78	1425105.383		OK
18	17561.00		5840.22	34108195.6		Desprecia

Tabla N° 12

Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 500°C con datos aprobados

Muestra	Fc (N)	L (mm)	L*L (mm2)	Rc (N/mm2)	Rc (kg/cm2)
01	10718	41.50	1722.25	6.22	63.46
02	14670	41.00	1681.00	8.73	88.99
03	14646	41.50	1722.25	8.50	86.72
04	14703	41.00	1681.00	8.75	89.19
05	11981	42.00	1764.00	6.79	69.26
06	13679	41.00	1681.00	8.14	82.98
07	8498	41.50	1722.25	4.93	50.32
09	15756	41.00	1681.00	9.37	95.58
10	15781	41.50	1722.25	9.16	93.44
11	12894	41.50	1722.25	7.49	76.34
12	11084	41.00	1681.00	6.59	67.24
17	10527	41.00	1681.00	6.26	63.86
Rc promedio:				7.58	77.28

$$R_c = \frac{F_{C_{PROMEDIO}}}{\text{Área}}$$

Rc =	7.58	N/mm2
Rc =	77.28	Kg/cm2

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N
Rc: Es la resistencia a compresión
Área: Área en la que se aplica la carga

B) Diagramas y tablas

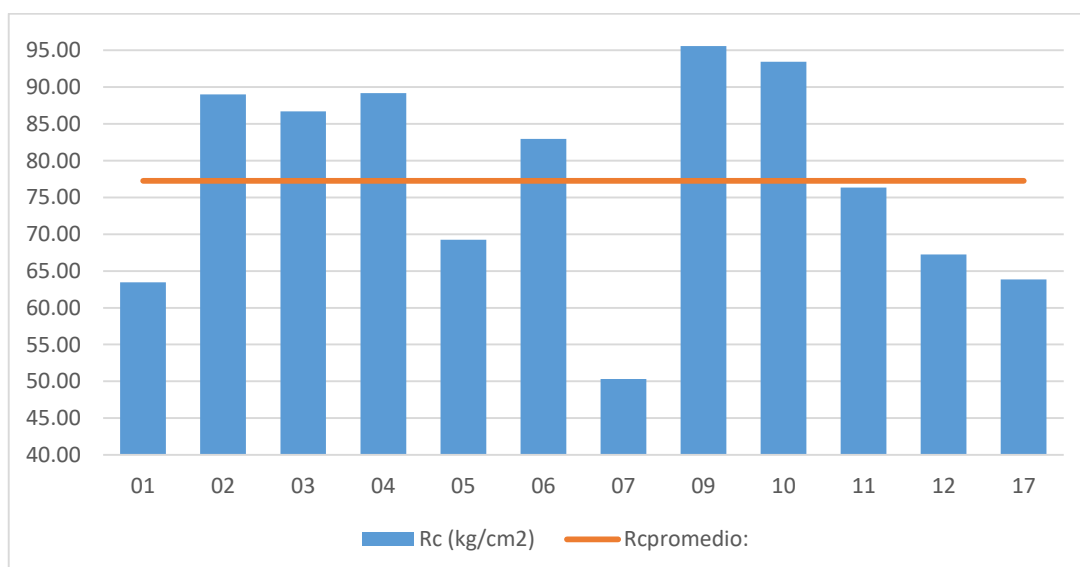


Figura 68. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio



C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 500°C y después de descartar 06 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 12 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 50.32 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 07.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 95.58 kg/cm² en el espécimen ensayado N°09.
- ✓ El valor promedio es de 77.28 kg/cm², siendo este inferior al valor referencial de 90 kg/cm² de resistencia a compresión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a compresión obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°C pero menor al del yeso coccionado a 200°C.

3.6.1.4 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 900°c

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.1.1.

Tabla N° 13

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 900°c

Muestra	Xi = Fc (N)	Media X	Xi -X	(Xi -X)2	S	EVALUACIÓN
01	15614.00	16887.17	-1273.17	1620953.36	3044.15	OK
02	13491.00		-3396.17	11533948.03		Desprecia
03	18456.00		1568.83	2461238.028		OK
04	20533.00		3645.83	13292100.69		Desprecia
05	15700.00		-1187.17	1409364.694		OK
06	15719.00		-1168.17	1364613.361		OK
07	12950.00		-3937.17	15501281.36		Desprecia
08	15932.00		-955.17	912343.3611		OK
09	21639.00		4751.83	22579920.03		Desprecia
10	18025.00		1137.83	1294664.694		OK
11	14921.00		-1966.17	3865811.361		OK
12	13536.00		-3351.17	11230318.03		Desprecia
13	14481.00		-2406.17	5789638.028		OK
14	15928.00		-959.17	920000.6944		OK
15	14713.00		-2174.17	4727000.694		OK
16	17762.00		874.83	765333.3611		OK
17	22232.00		5344.83	28567243.36		Desprecia
18	22337.00		5449.83	29700683.36		Desprecia

Tabla N° 14

Cálculo de resistencia a compresión de yeso coccionado a 900°c con datos aprobados

Muestra	Fc (N)	L (mm)	L*L (mm2)	Rc (N/mm2)	Rc (kg/cm2)
01	15614	41.00	1681.00	9.29	94.72
03	18456	41.50	1722.25	10.72	109.27
05	15700	40.50	1640.25	9.57	97.60
06	15719	40.50	1640.25	9.58	97.72
08	15932	40.00	1600.00	9.96	101.54
10	18025	41.50	1722.25	10.47	106.72
11	14921	40.50	1640.25	9.10	92.76
13	14481	41.00	1681.00	8.61	87.84
14	15928	40.50	1640.25	9.71	99.02
15	14713	40.50	1640.25	8.97	91.47
16	17762	40.50	1640.25	10.83	110.42
Rc promedio:				9.71	99.01

$$R_c = \frac{F_c}{\text{Área}}$$

Rc =	9.71	N/mm2
Rc =	99.01	Kg/cm2

Fc: Es la máxima carga en la rotura en N
Rc: Es la resistencia a compresión
Área: Área en la que se aplica la carga

B) Diagramas y tablas

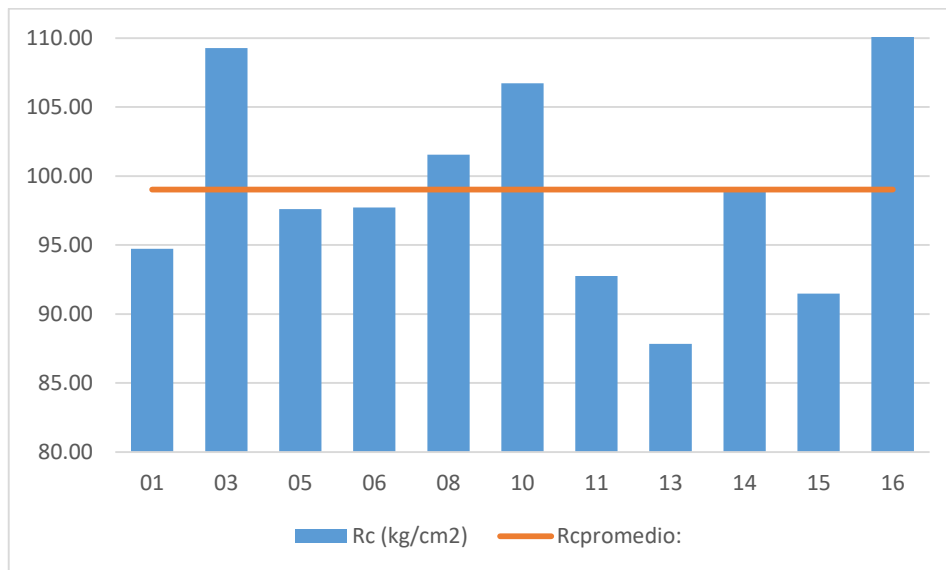


Figura 69. Variación de la resistencia a compresión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 900°C y después de descartar 07 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 11 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 87.84 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 13.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 110.42 kg/cm² en el espécimen ensayado N°16.
- ✓ El valor promedio es de 99.01 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 90 kg/cm² de resistencia a compresión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a compresión obtenido es mayor a todos los demás tipos de yeso analizados.



3.6.1.5 Resistencia a compresión de yeso coccionado a 1100°C

Los ensayos de resistencia a compresión del yeso coccionado a 1100°C no se pudieron llevar a cabo debido a que las probetas se desmoronaban al tocarlas.

3.6.2. Resistencia a flexión

3.6.2.1 Resistencia a flexión de yeso coccionado a 130°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para determinar los valores de la resistencia a flexión se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$$

Donde:

PF: Resistencia flexión en N/mm²

P: Es la carga media de rotura en N

Al observar gran variación en los datos de carga máxima recolectados en laboratorio se optó por descartar valores utilizando el método de la desviación estándar; caracterizado por la siguiente fórmula:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds: Desviación estándar

Xi: Valor de la resistencia a compresión en N/mm²

X: Valor promedio de la resistencia a compresión de "n" probetas en N/mm²

n: Número de probetas ensayadas.

Tabla N° 15

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 130°C

Muestra	Xi = P (N)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN
01	1356.00	1047.11	308.89	95412.35	302.43	Desprecia
02	690.00		-357.11	127528.35		Desprecia
03	1086.00		38.89	1512.35		OK
04	1396.00		348.89	121723.46		Desprecia
05	1224.00		176.89	31289.68		OK
06	734.00		-313.11	98038.57		Desprecia
07	609.00		-438.11	191941.35		Desprecia
08	1300.00		252.89	63952.79		OK
09	1029.00		-18.11	328.01		OK

Tabla N° 16

Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 130°C con datos aprobados

Muestra	P (N)	P (kg/cm ²)
03	1086	25.91
05	1224	29.21
08	1300	31.02
09	1029	24.55
Ppromedio:	1159.75	27.67

$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$

PF =	2.71	N/mm ²
PF =	27.67	Kg/cm ²

P: Es la carga de rotura en N
PF: Es la resistencia a flexión

B) Diagramas y tablas

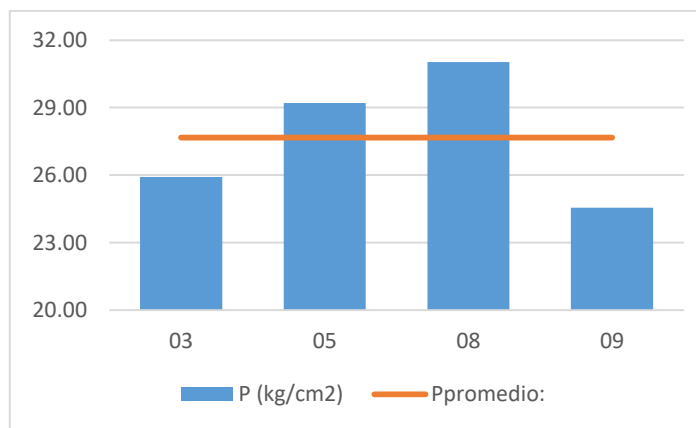


Figura 70. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 130°C y después de descartar 05 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 04 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 24.55 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 09.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 31.02 kg/cm² en el espécimen ensayado N°08.
- ✓ El valor promedio es de 27.67 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 20 kg/cm² de resistencia a flexión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).

3.6.2.2 Resistencia a flexión de yeso coccionado a 200°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.2.1.

Tabla N° 17

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 200°C

Muestra	$X_i = P(N)$	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN
01	2150.00	2006.67	143.33	20544.44	465.50	OK
02	2614.00		607.33	368853.78		Desprecia
03	1620.00		-386.67	149511.11		OK
04	2437.00		430.33	185186.78		OK
05	1270.00		-736.67	542677.78		Desprecia
06	2094.00		87.33	7627.11		OK
07	2507.00		500.33	250333.44		Desprecia
08	1701.00		-305.67	93432.11		OK
09	1667.00		-339.67	115373.44		OK

Tabla N° 18

Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 200°C con datos aprobados

Muestra	P (N)	P (kg/cm ²)
01	2150.00	51.30
03	1620.00	38.66
04	2437.00	58.15
06	2094.00	49.97
08	1701.00	40.59
09	1667.00	39.78
Ppromedio:	1944.83	46.41

$$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$$

PF =	4.55	N/mm ²
PF =	46.41	Kg/cm ²

P: Es la carga de rotura en N
PF: Es la resistencia a flexión

B) Diagramas y tablas

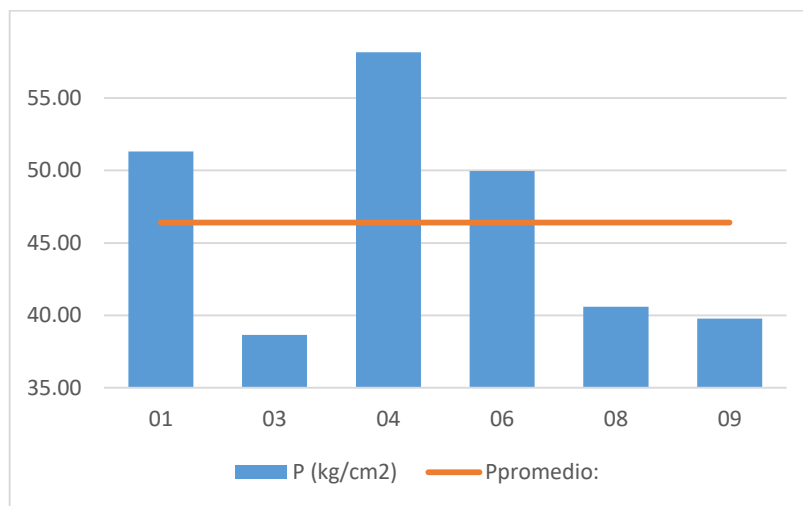


Figura 71. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 200°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 38.66 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 03.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 58.15 kg/cm² en el espécimen ensayado N°04.

- ✓ El valor promedio es de 46.41 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 20 kg/cm² de resistencia a flexión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a flexión obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°C.

3.6.2.3 Resistencia a flexión de yeso coccionado a 500°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.2.1.

Tabla N° 19

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 500°C

Muestra	Xi = P (N)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN
01	1196.00	1396.00	-200.00	40000.00	388.77	OK
02	1830.00		434.00	188356.00		Desprecia
03	1328.00		-68.00	4624.00		OK
04	1015.00		-381.00	145161.00		OK
05	977.00		-419.00	175561.00		Desprecia
06	1026.00		-370.00	136900.00		OK
07	2053.00		657.00	431649.00		Desprecia
08	1685.00		289.00	83521.00		OK
09	1454.00		58.00	3364.00		OK

Tabla N° 20

Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 500°C con datos aprobados

Muestra	P (N)	P (kg/cm ²)
01	1196.00	28.54
03	1328.00	31.69
04	1015.00	24.22
06	1026.00	24.48
08	1685.00	40.21
09	1454.00	34.69
Ppromedio:	1284.00	30.15

$$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$$

PF =	3.00	N/mm ²
PF =	30.64	Kg/cm ²

P: Es la carga de rotura en N
PF: Es la resistencia a flexión

B) Diagramas y tablas

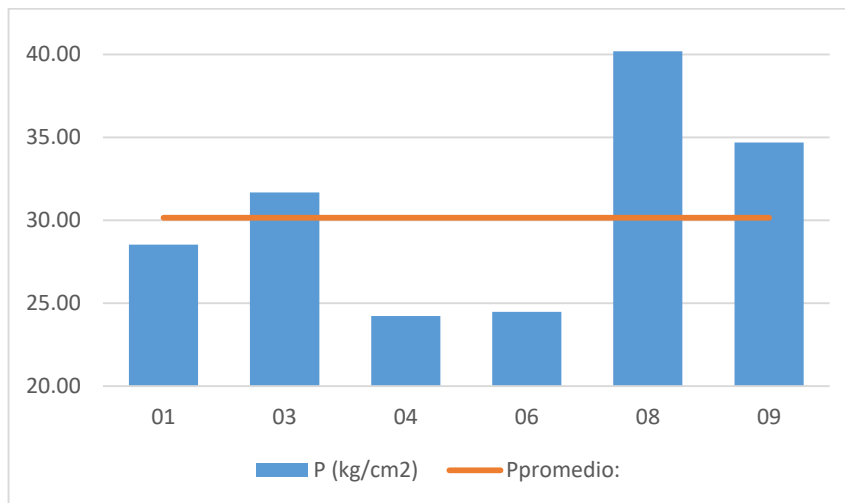


Figura 72. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 500°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 24.22 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 04.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 40.21 kg/cm² en el espécimen ensayado N°08.
- ✓ El valor promedio es de 30.15 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 20 kg/cm² de resistencia a flexión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a flexión obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°C pero menor al del yeso coccionado a 200°C.

3.6.2.4 Resistencia a flexión de yeso coccionado a 900°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.2.1.

Tabla N° 21

Selección de datos con desviación estándar de ensayo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 900°C

Muestra	Xi = P (N)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN
01	1581.00	1780.89	-199.89	39955.57	271.32	OK
02	1871.00		90.11	8120.01		OK
03	1828.00		47.11	2219.46		OK
04	1568.00		-212.89	45321.68		OK
05	2112.00		331.11	109634.57		Desprecia
06	1709.00		-71.89	5168.01		OK
07	1448.00		-332.89	110815.01		Desprecia
08	1634.00		-146.89	21576.35		OK
09	2277.00		496.11	246126.23		Desprecia

Tabla N° 22

Cálculo de resistencia a flexión de yeso coccionado a 900°C con datos aprobados

Muestra	P (N)	P (kg/cm ²)
01	1581.00	37.72
02	1871.00	44.64
03	1828.00	43.62
04	1568.00	37.41
06	1709.00	40.78
08	1634.00	38.99
Ppromedio:	1698.50	40.53

$$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$$

PF =	3.97	N/mm ²
PF =	40.53	Kg/cm ²

P: Es la carga de rotura en N
PF: Es la resistencia a flexión

B) Diagramas y tablas

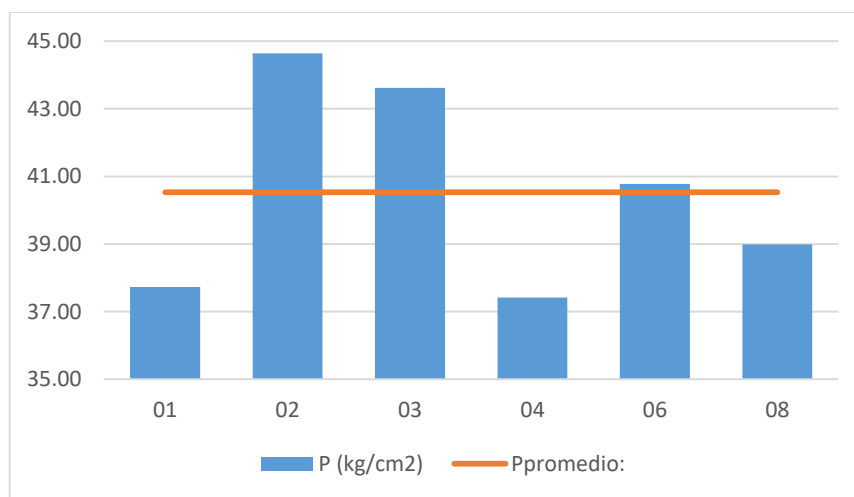


Figura 73. Variación de la resistencia a flexión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a flexión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 900°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene una resistencia mínima de 37.41 kg/cm² en el espécimen ensayado N° 04.
- ✓ Se tiene una resistencia máxima de 44.64 kg/cm² en el espécimen ensayado N°02.
- ✓ El valor promedio es de 40.53 kg/cm², siendo este superior al valor referencial de 20 kg/cm² de resistencia a compresión para una yeso elaborado con una relación agua/yeso de 0.6 indicado por (Sánchez, 2003).
- ✓ El valor promedio de resistencia a compresión obtenido es mayor al de los yesos coccionados a 130°C y 500°C, pero menor al del yeso coccionado a 200°C.

3.6.2.5 Resistencia a flexión de yeso coccionado a 1100°C

Los ensayos de resistencia a flexión del yeso coccionado a 1100°C no se pudieron llevar a cabo debido a que las probetas se desmoronaban al desmoldarlas.

3.6.3. Determinación de los tiempos de fraguado (método del cuchillo)

3.6.3.1 Determinación de los tiempos de fraguado de yeso coccionado a 130°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para determinar el tiempo de fraguado se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$T_i = t_1 - t_0$$

Donde:

T_i: Tiempo de principio de fraguado en min

t₁: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse, en minutos.

t_0 : Es en momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en minutos.

Tabla N° 23

Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 130°C

Muestra	t_0 (min)	t_1 (min)	T_i (min)
01	0.00	1.48	1.48
02	0.00	1.58	1.58
03	0.00	1.57	1.57
04	0.00	1.60	1.60
05	0.00	1.62	1.62
06	0.00	1.60	1.60
07	0.00	1.40	1.40
08	0.00	1.36	1.36
09	0.00	1.42	1.42

Luego se usó el método de desviación estándar; caracterizado por la siguiente fórmula:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds: Desviación estándar

X_i : Valor de la resistencia a compresión en N/mm²

X : Valor promedio de la resistencia a compresión de "n" probetas en N/mm²

n: Número de probetas ensayadas.

Tabla N° 24

Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 130°C

MUESTRA	$X_i = W$ (gr)	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN	Ti
1	1.48	1.51	-0.03	0.00	0.10	OK	1.48
2	1.58		0.07	0.00		OK	1.58
3	1.57		0.05	0.00		OK	1.57
4	1.60		0.09	0.01		OK	1.60
5	1.62		0.10	0.01		Desprecia	
6	1.60		0.09	0.01		OK	1.60
7	1.40		-0.11	0.01		Desprecia	
8	1.36		-0.16	0.02		Desprecia	
9	1.42		-0.10	0.01		OK	1.42
						Ti (Promedio)	1.54

B) Diagramas y tablas

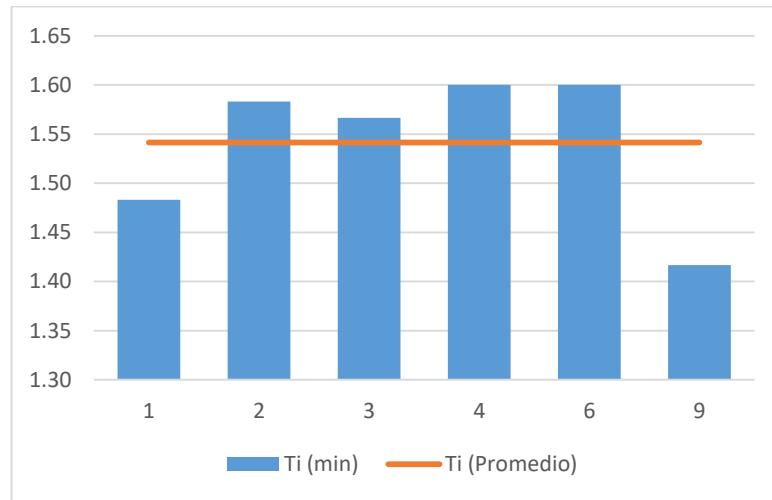


Figura 74. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado con yeso coccionado a 130°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado mínimo de 1min y 25s en el ensayo N° 09.
- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado máximo de 1min y 36s en los ensayos N° 04 y N° 06.

- ✓ El valor promedio es de 1min y 32.5s, que se encuentra por debajo de los 8 minutos que es el tiempo máximo de principio de fraguado para un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) según lo indicado por (García, 1988)

3.6.3.2 Determinación de los tiempos de fraguado de yeso coccionado a 200°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.3.1.

Tabla N° 25

Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 200°C

Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)
01	0.00	4.42	4.42
02	0.00	4.13	4.13
03	0.00	4.27	4.27
04	0.00	4.25	4.25
05	0.00	4.52	4.52
06	0.00	4.33	4.33
07	0.00	4.53	4.53
08	0.00	4.47	4.47
09	0.00	4.37	4.37

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 26

Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 200°C

MUESTRA	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X)²	S	EVALUACIÓN	Ti
1	4.42	4.36	0.05	0.00	0.13	OK	4.42
2	4.13		-0.23	0.05		Desprecia	
3	4.27		-0.10	0.01		OK	4.27
4	4.25		-0.11	0.01		OK	4.25
5	4.52		0.15	0.02		Desprecia	
6	4.33		-0.03	0.00		OK	4.33
7	4.53		0.17	0.03		Desprecia	
8	4.47		0.10	0.01		OK	4.47
9	4.37		0.00	0.00		OK	4.37
						Ti (Promedio)	4.35

B) Diagramas y tablas

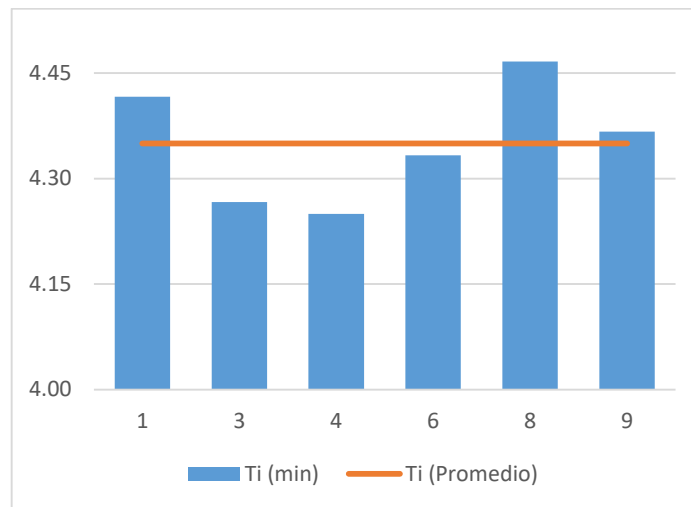


Figura 75. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 200°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado con yeso coccionado a 200°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado mínimo de 4min y 15s en el ensayo N° 04.
- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado máximo de 4min y 28s en el ensayo N°08.
- ✓ El valor promedio es de 4min y 21s, que se encuentra por debajo de los 8 minutos que es el tiempo máximo de principio de fraguado para un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) según lo indicado por (García, 1988)
- ✓ El valor promedio de tiempo de fraguado obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°C.

3.6.3.3 Determinación de los tiempos de fraguado de yeso coccionado a 500°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.3.1.

Tabla N° 27

Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 500°C

Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)
01	0.00	2.25	2.25
02	0.00	2.30	2.30
03	0.00	2.47	2.47
04	0.00	2.80	2.80
05	0.00	2.83	2.83
06	0.00	2.78	2.78
07	0.00	2.43	2.43
08	0.00	2.30	2.30
09	0.00	2.17	2.17

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 28

Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 500°C

MUESTRA	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN	Ti
1	2.25	2.48	-0.23	0.05	0.26	OK	2.25
2	2.30		-0.18	0.03		OK	2.30
3	2.47		-0.01	0.00		OK	2.47
4	2.80		0.32	0.10		Desprecia	
5	2.83		0.35	0.12		Desprecia	
6	2.78		0.30	0.09		Desprecia	
7	2.43		-0.05	0.00		OK	2.43
8	2.30		-0.18	0.03		OK	2.30
9	2.17		-0.31	0.10		Desprecia	
Ti (Promedio)							2.35

B) Diagramas y tablas

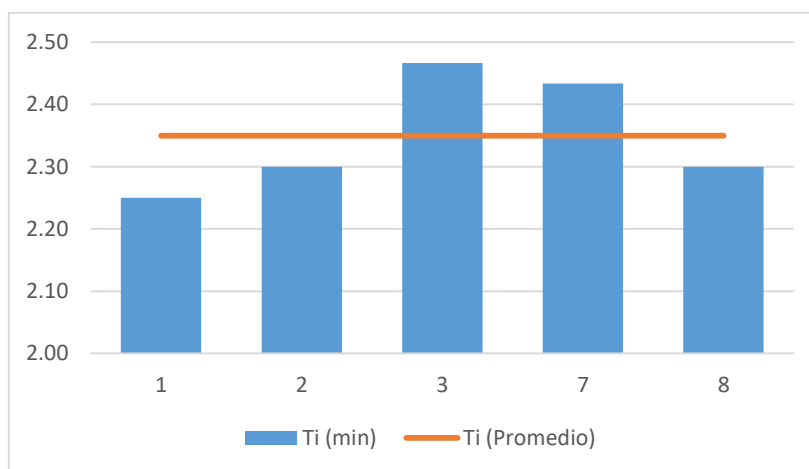


Figura 76. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado con yeso coccionado a 500°C y después de descartar 04 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 05 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado mínimo de 2min y 15s en el ensayo N° 01.
- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado máximo de 2min y 28s en el ensayo N°03.
- ✓ El valor promedio es de 2min y 21s, que se encuentra por debajo de los 8 minutos que es el tiempo máximo de principio de fraguado para un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) según lo indicado por (García, 1988)
- ✓ El valor promedio de tiempo de fraguado obtenido es mayor al del yeso coccionado a 130°, pero menor al del yeso coccionado a 200°C.

3.6.3.4 Determinación de los tiempos de fraguado de yeso coccionado a 900°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.3.1.

Tabla N° 29

Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 900°C

Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)
01	0.00	355.63	355.63
02	0.00	465.57	465.57
03	0.00	425.05	425.05
04	0.00	359.15	359.15
05	0.00	425.88	425.88
06	0.00	431.35	431.35
07	0.00	485.22	485.22
08	0.00	485.95	485.95
09	0.00	393.20	393.20

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 30

Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 900°C

MUESTRA	$X_i = W$ (gr)	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓN	Ti
1	355.63	425.22	-69.59	4842.61	48.97	Desprecia	
2	465.57		40.34	1627.67		OK	465.57
3	425.05		-0.17	0.03		OK	425.05
4	359.15		-66.07	4365.54		Desprecia	
5	425.88		0.66	0.44		OK	425.88
6	431.35		6.13	37.55		OK	431.35
7	485.22		59.99	3599.33		Desprecia	
8	485.95		60.73	3687.86		Desprecia	
9	393.20		-32.02	1025.42		OK	393.20
Ti (Promedio)							428.21

B) Diagramas y tablas

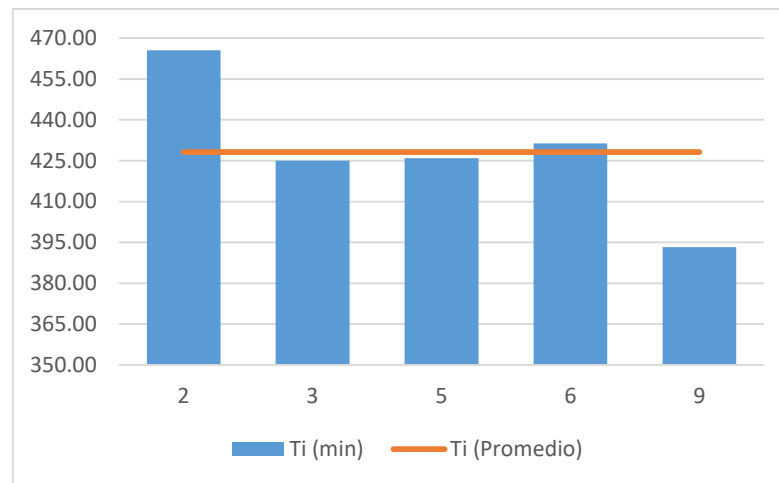


Figura 77. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado con yeso coccionado a 900°C y después de descartar 04 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 05 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado mínimo de 6h con 33min y 12s en el ensayo N° 09.
- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado máximo de 7h con 45min y 34s en el ensayo N°02.
- ✓ El valor promedio es de 7h con 8min y 12.6s, que se encuentra por encima de los 8 minutos que es el tiempo máximo de principio de fraguado para

un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) según lo indicado por (García, 1988)

- ✓ El valor promedio de tiempo de fraguado obtenido es mayor al de los yesos coccionados a 130°C, 200°C y 500°C.

3.6.3.5 Determinación de los tiempos de fraguado de yeso coccionado a 1100°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.3.1.

Tabla N° 31

Cálculo de tiempo de fraguado de yeso coccionado a 1100°C

Muestra	t0 (min)	t1 (min)	Ti (min)
01	0.00	856.33	856.33
02	0.00	858.88	858.88
03	0.00	852.18	852.18
04	0.00	852.75	852.75
05	0.00	857.55	857.55
06	0.00	839.20	839.20
07	0.00	854.88	854.88
08	0.00	870.90	870.90
09	0.00	856.88	856.88

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 32

Selección de resultados de ensayo de tiempo de fragua con desviación estándar de yeso coccionado a 1100°C

MUESTRA	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X)²	S	EVALUACIÓN	Ti
1	856.33	855.51	0.83	0.68	8.22	OK	856.33
2	858.88		3.38	11.40		OK	858.88
3	852.18		-3.32	11.05		OK	852.18
4	852.75		-2.76	7.60		OK	852.75
5	857.55		2.04	4.17		OK	857.55
6	839.20		-16.31	265.93		Desprecia	
7	854.88		-0.62	0.39		OK	854.88
8	870.90		15.39	236.93		Desprecia	
9	856.88		1.38	1.89		OK	856.88
						Ti (Promedio)	855.64

B) Diagramas y tablas

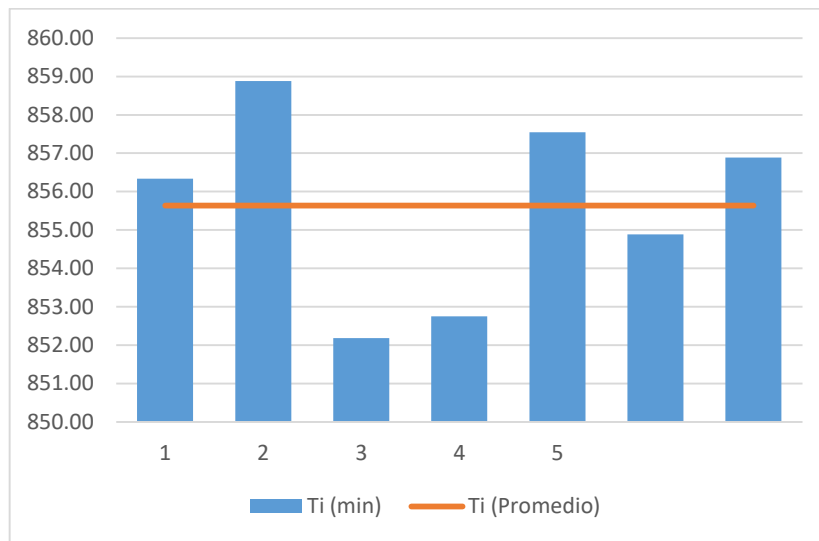


Figura 78. Variación del tiempo de fraguado del yeso coccionado a 1100°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado con yeso coccionado a 1100°C y después de descartar 02 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 07 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado mínimo de 14h con 12min y 11s en el ensayo N° 03.
- ✓ Se tiene un tiempo de fraguado máximo de 14h con 18min y 53s en el ensayo N°02.
- ✓ El valor promedio es de 14h con 15min y 38.3s, que se encuentra por encima de los 8 minutos que es el tiempo máximo de principio de fraguado para un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) según lo indicado por (García, 1988)
- ✓ El valor promedio de tiempo de fraguado obtenido es mayor al de todos los demás tipos de yeso analizados.

3.6.4. Periodo inicial de absorción (succión)

3.6.4.1 Periodo inicial de absorción (succión) de yeso coccionado a 130°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo del Periodo Inicial de Absorción de las unidades prismáticas se usó la siguiente fórmula:

$$W = W_f - W_i$$

Donde:

W: Peso del agua absorbida por el espécimen durante el minuto de contacto con el agua, en gr/min/cm²

W_f: Peso final del espécimen después del contacto con el agua, en gr

W_i: Peso inicial del espécimen secado, en gr

En caso de que el área (largo x ancho) no difiera más de ± 2.5% de 64cm², se reportó la cantidad de agua absorbida con una aproximación de 0.1gr como el índice inicial de absorción en un minuto.

Cuando el área del espécimen difirió más de ± 2.5% de 64cm², se corrigieron los valores obtenidos en laboratorio con la fórmula siguiente:

$$X = 64W / L * B$$

Donde:

X: Diferencia de pesos corregida sobre la base de 64 cm²

W: Diferencia de pesos del espécimen (gr)

L: Longitud de espécimen (cm)

B: Ancho del espécimen (cm)

Tabla N° 33

Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 130°C

MUESTR A	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	EVALUACIÓ N DE ÁREA	W _o (gr)	W ₁ (gr)	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	41.0	158.0	6478.0	OK	313.5	347.7	34.2
2	40.5	159.0	6439.5	OK	299.7	340.8	41.1
3	41.0	160.0	6560.0	OK	280.7	328.1	47.4
4	40.5	158.0	6399.0	OK	285.8	329.3	43.5
5	40.0	159.0	6360.0	OK	292.6	338.2	45.6
6	41.0	157.0	6437.0	OK	278.8	320.2	41.4
7	40.5	159.0	6439.5	OK	277.8	327.3	49.5
8	41.0	159.5	6539.5	OK	284.9	327.0	42.1
9	40.5	160.5	6500.3	OK	284.6	333.4	48.8

Luego se usó el método de desviación estándar; caracterizado por la siguiente fórmula:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds: Desviación estándar

Xi: Valor de la resistencia a compresión en N/mm²

X: Valor promedio de la resistencia a compresión de “n” probetas en N/mm²

n: Número de probetas ensayadas.

Tabla N° 34

Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 130°C

MUESTR A	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓ N	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	34.2	43.7	-9.5	91.0	4.8	Desprecia	
2	41.1		-2.6	6.8		OK	41.1
3	47.4		3.6	13.1		OK	47.4
4	43.5		-0.2	0.1		OK	43.5
5	45.6		1.8	3.4		OK	45.6
6	41.4		-2.3	5.5		OK	41.4
7	49.5		5.8	33.5		Desprecia	
8	42.1		-1.6	2.6		OK	42.1
9	48.8		5.1	26.0		Desprecia	
PROMEDIO							43.5

B) Diagramas y tablas

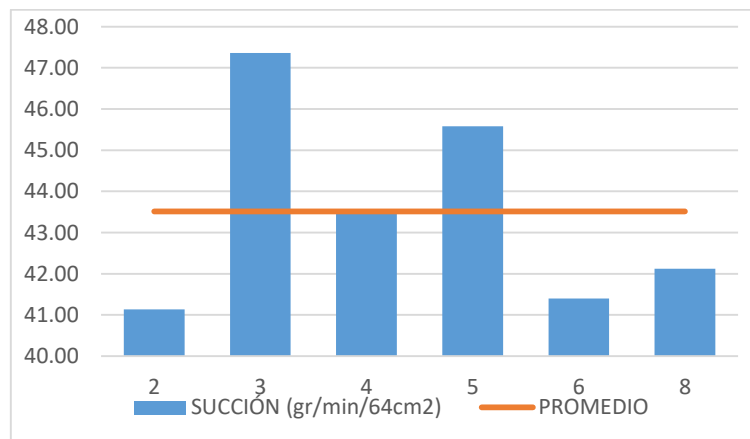


Figura 79. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de succión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 130°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un valor de succión mínimo de 41.1 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 02.
- ✓ Se tiene un valor de succión máximo de 47.3 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 03.
- ✓ El valor promedio es de 43.5 gr/min/64cm².

3.6.4.2 Periodo inicial de absorción (succión) de yeso coccionado a 200°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.4.1.

Tabla N° 35

Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 200°C

MUESTR A	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	EVALUACIÓ N DE ÁREA	Wo (gr)	W1 (gr)	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	41.0	160.0	6560.0	OK	315.7	348.4	32.7
2	40.5	160.5	6500.3	OK	336.0	357.5	21.5
3	40.0	159.5	6380.0	OK	278.5	332.3	53.8
4	40.5	160.0	6480.0	OK	318.7	351.4	32.7
5	41.0	159.5	6539.5	OK	280.6	320.7	40.1
6	40.0	160.0	6400.0	OK	311.2	344.5	33.3
7	40.5	159.5	6459.8	OK	304.7	342.3	37.6
8	40.5	159.5	6459.8	OK	288.4	324.7	36.3
9	40.0	160.5	6420.0	OK	294.2	336.1	41.9

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 36

Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 200°C

MUESTR A	$X_i = W$ (gr)	Media X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	S	EVALUACIÓ N	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	32.7	36.7	-4.0	15.6	8.7	OK	32.7
2	21.5		-15.2	229.7		Desprecia	
3	53.8		17.1	293.9		Desprecia	
4	32.7		-4.0	15.6		OK	32.7
5	40.1		3.4	11.9		OK	40.1
6	33.3		-3.4	11.3		OK	33.3
7	37.6		0.9	0.9		OK	37.6
8	36.3		-0.4	0.1		OK	36.3
9	41.9		5.2	27.5		OK	41.9
PROMEDIO							36.4

B) Diagramas y tablas

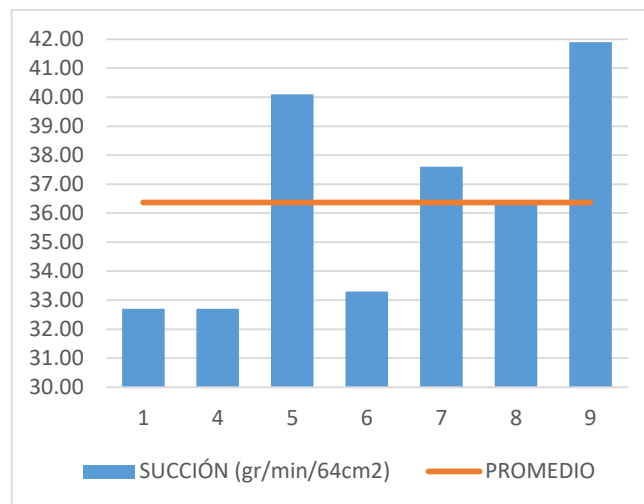


Figura 80. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 130°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de succión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 200°C y después de descartar 02 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 07 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un valor de succión mínimo de 32.7 gr/min/64cm² en los especímenes ensayados N° 01 y N° 02.
- ✓ Se tiene un valor de succión máximo de 41.9 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 09.

- ✓ El valor promedio es de 36.4 gr/min/64cm², que es menor al del yeso coccionado a 130°C.

3.6.4.3 Periodo inicial de absorción (succión) de yeso coccionado a 500°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.4.1.

Tabla N° 37

Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 500°C

MUESTR A	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	EVALUACIÓN DE ÁREA	Wo (gr)	W1 (gr)	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	41.0	160.0	6560.0	OK	335.3	377.1	41.8
2	41.5	161.0	6681.5	CORREGIR	347.5	385.4	36.3
3	41.0	160.5	6580.5	CORREGIR	339.3	372.4	32.2
4	41.5	161.0	6681.5	CORREGIR	335.5	368.6	31.7
5	41.0	160.0	6560.0	OK	348.2	386.9	38.7
6	41.0	161.0	6601.0	CORREGIR	337.2	373.6	35.3
7	41.0	159.5	6539.5	OK	325.0	351.7	26.7
8	41.0	160.5	6580.5	CORREGIR	321.9	344.8	22.3
9	40.5	160.5	6500.3	OK	333.9	359.7	25.8

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 38

Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 500°C

MUESTR A	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X) ²	S	EVALUACIÓN N	SUCCIÓN (gr/min/64cm ²)
1	41.8	32.3	9.5	90.1	6.4	Desprecia	
2	36.3		4.0	16.0		OK	36.3
3	32.2		-0.1	0.0		OK	32.2
4	31.7		-0.6	0.4		OK	31.7
5	38.7		6.4	40.9		OK	38.7
6	35.3		3.0	8.9		OK	35.3
7	26.7		-5.6	31.4		OK	26.7
8	22.3		-10.0	100.7		Desprecia	
9	25.8		-6.5	42.3		Desprecia	
						PROMEDIO	33.5

B) Diagramas y tablas

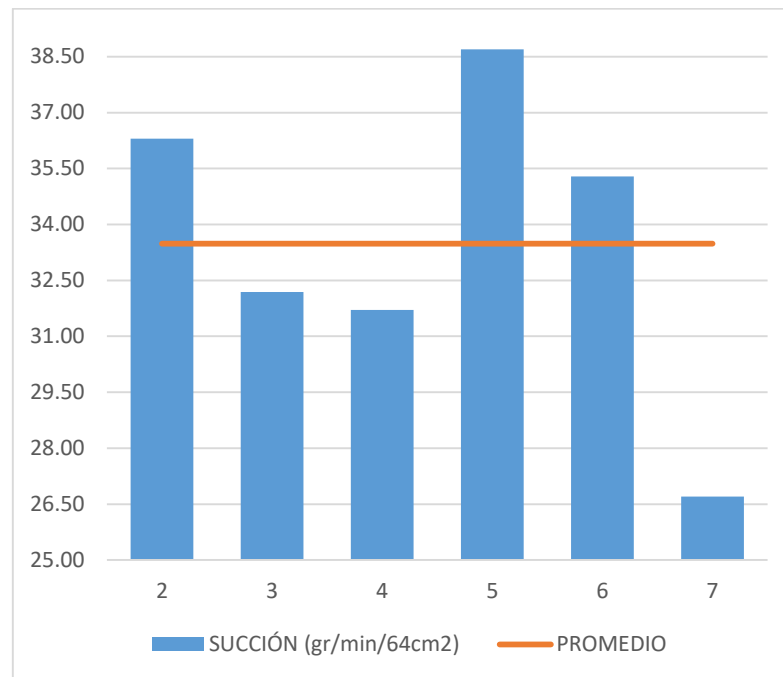


Figura 81. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 500°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de succión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 500°C y después de descartar 03 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 06 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un valor de succión mínimo de 26.7 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 07.
- ✓ Se tiene un valor de succión máximo de 38.7 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 05.
- ✓ El valor promedio es de 33.5 gr/min/64cm², que es menor al de los yesos coccionados a 130°C y 200°C.

3.6.4.4 Periodo inicial de absorción (succión) de yeso coccionado a 900°C

A) Procesamiento o cálculos de la prueba

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el ítem 3.6.4.1.

Tabla N° 39

Evaluación de corrección de área y cálculo de succión de yeso coccionado a 900°c

MUESTR A	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm2)	EVALUACIÓ N DE ÁREA	Wo (gr)	W1 (gr)	SUCCIÓN (gr/min/64cm2)
1	40.5	160.0	6480.0	OK	341.6	374.9	33.3
2	40.0	160.0	6400.0	OK	347.2	371.5	24.3
3	41.0	159.5	6539.5	OK	352.3	376.9	24.6
4	40.5	160.0	6480.0	OK	352.8	382.0	29.2
5	40.5	159.0	6439.5	OK	343.2	378.2	35.0
6	41.0	160.0	6560.0	OK	354.8	379.8	25.0
7	40.5	159.5	6459.8	OK	348.5	373.8	25.3
8	40.5	160.0	6480.0	OK	352.4	376.8	24.4
9	41.0	160.0	6560.0	OK	354.0	381.4	27.4

Luego se usó el método de desviación estándar:

Tabla N° 40

Selección de resultados de ensayo de succión con desviación estándar de yeso coccionado a 900°c

MUESTR A	Xi = W (gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X)2	S	EVALUACIÓ N	SUCCIÓN (gr/min/64cm2)
1	33.3	27.6	5.7	32.4	4.1	Desprecia	
2	24.3		-3.3	11.0		OK	24.3
3	24.6		-3.0	9.1		OK	24.6
4	29.2		1.6	2.5		OK	29.2
5	35.0		7.4	54.6		Desprecia	
6	25.0		-2.6	6.8		OK	25.0
7	25.3		-2.3	5.3		OK	25.3
8	24.4		-3.2	10.3		OK	24.4
9	27.4		-0.2	0.0		OK	27.4
						PROMEDIO	25.74

B) Diagramas y tablas

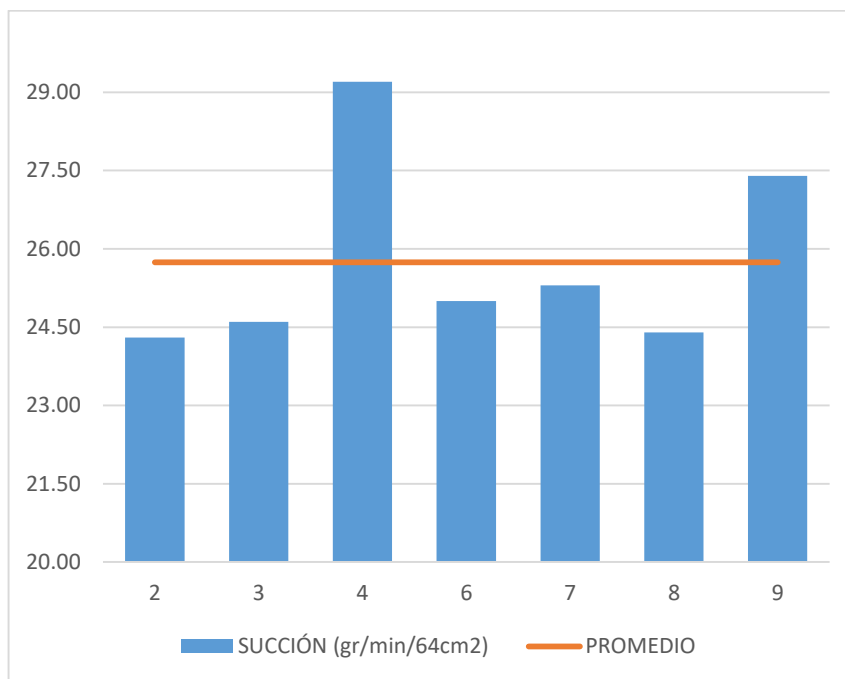


Figura 82. Variación del valor de succión del yeso coccionado a 900°C por unidad de muestreo con visualización del promedio

C) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos del ensayo de succión de los especímenes elaborados con yeso coccionado a 900°C y después de descartar 02 valores extremos con el método de desviación estándar, en los 07 datos restantes se observa lo siguiente:

- ✓ Se tiene un valor de succión mínimo de 24.3 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 02.
- ✓ Se tiene un valor de succión máximo de 29.2 gr/min/64cm² en el espécimen ensayado N° 04.
- ✓ El valor promedio es de 25.7 gr/min/64cm², que es menor al de los yesos coccionados a 130°C, 200°C y 500°C.

3.6.4.5 Periodo inicial de absorción (succión) de yeso coccionado a 1100°C

Los ensayos de periodo inicial de absorción (succión) del yeso coccionado a 1100°C no se pudieron llevar a cabo debido a que las probetas se desmoronaban al intentar desmoldarlas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Se exponen los resultados finales con gráficos comparativos sobre las características físicas y mecánicas del yeso de la cantera ORLANDO 2007 coccionado a diferentes temperaturas.

4.1 Resultados de la resistencia a compresión

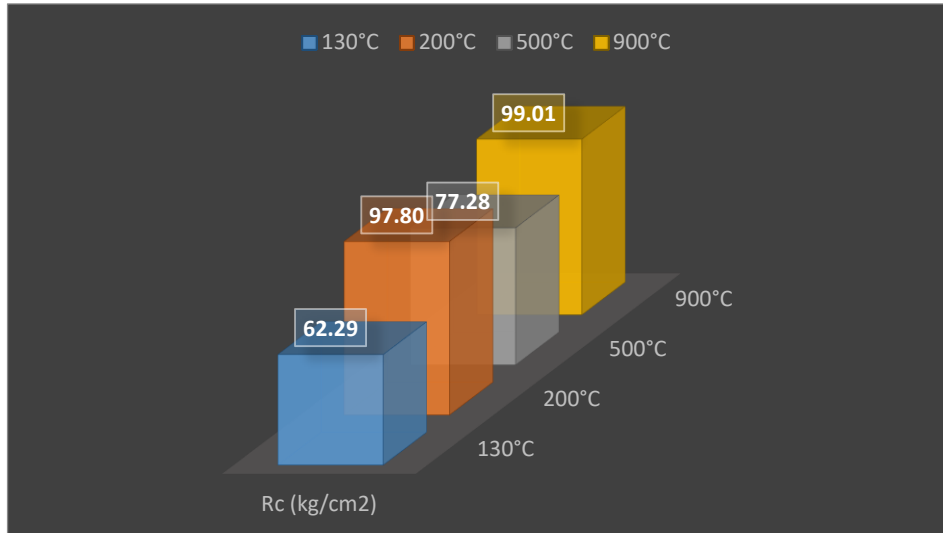


Figura 83. Histograma comparativo de las resistencias a compresión de los diferentes yesos analizados

4.2 Resultados de la resistencia a flexión

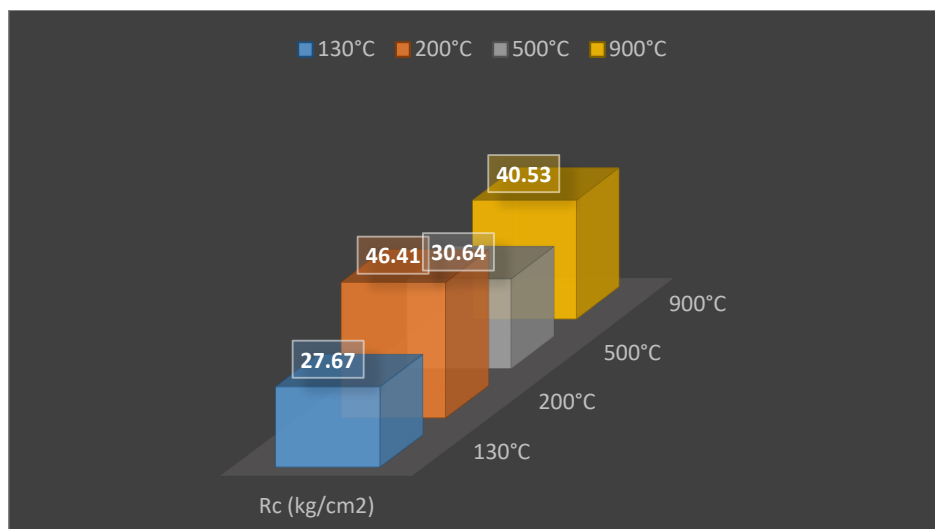


Figura 84. Histograma comparativo de las resistencias a flexión de los diferentes yesos analizados

4.3 Resultados del tiempo de fraguado

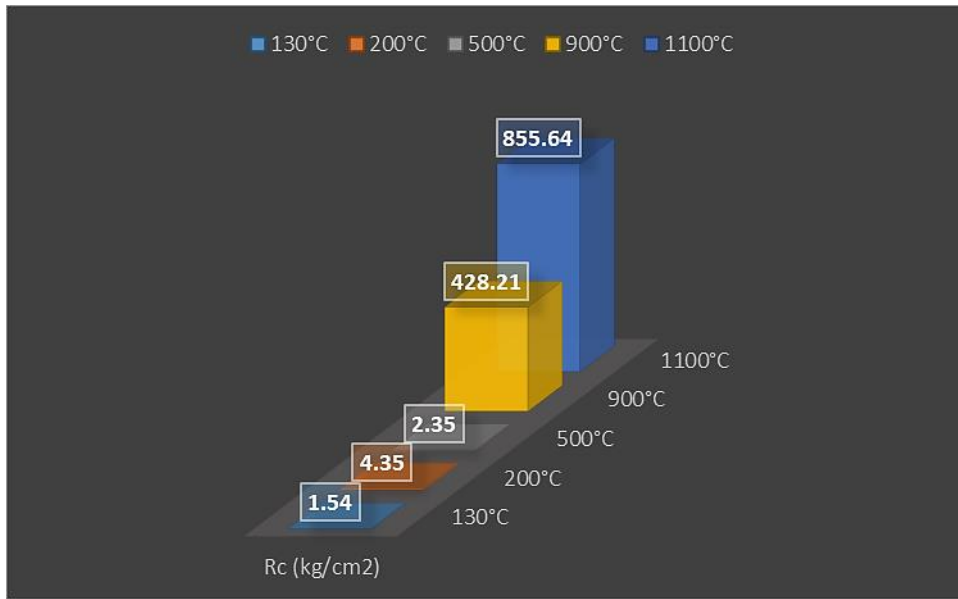


Figura 85. Histograma comparativo de los tiempos de fraguado de los diferentes yesos analizados

4.4 Resultados del periodo inicial de absorción (succión)

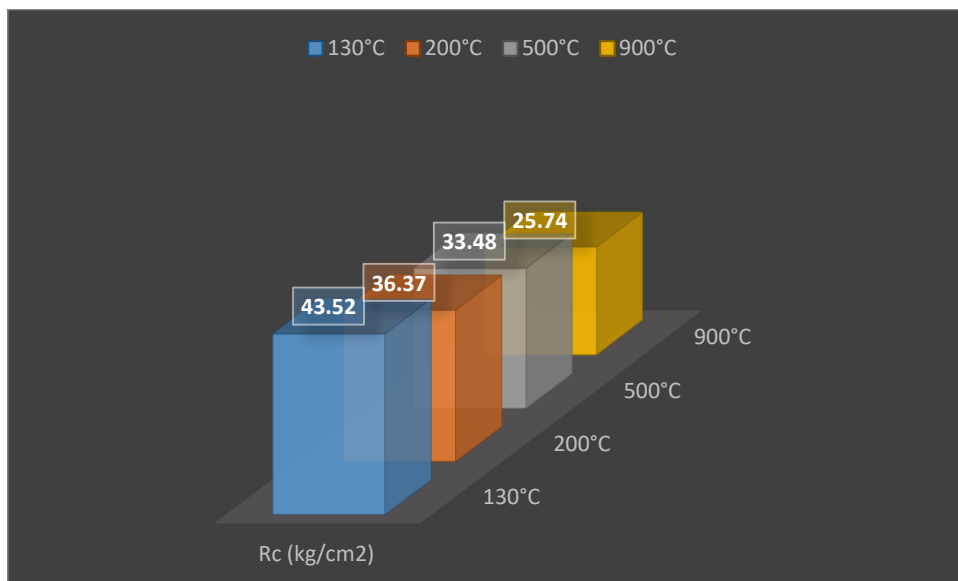


Figura 86. Histograma comparativo de los valores de succión de los diferentes yesos analizados

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

1. ¿La finura de molido es la adecuada para el análisis de los diferentes tipos de yeso analizados?

La norma UNE-EN 13279-2, que fue utilizada como guía para los ensayos, indica que abarca 3 tipos de yeso que son:

- 5000 μm , yesos para morteros de agarre (C2)
- 200 μm y 100 μm , yesos fibroso (C1)
- 1500 μm , para trabajos con yeso fibroso y yesos en capa fina (C1, C6)

Entonces se consideró que como el principal uso del yeso en nuestro entorno es el de estuco, el tipo de yeso que se debía analizar era el tipo C2, sin embargo la producción de yeso era demasiado baja utilizando solo el material pasante por el tamiz #100 luego del molido y por fines prácticos y tiempo se usó la malla #50 que permitió obtener una mayor cantidad de material pasante para ser usado.

2. ¿Las dimensiones de las unidades prismáticas cumplen con la norma une-en 13279-2?

Según la norma en mención las dimensiones y tolerancias para las unidades de muestreo prismáticas son longitud (160 ± 1) mm, anchura (40 ± 0.2) mm y profundidad (40 ± 0.1) mm; por tanto comparando con las dimensiones de los especímenes usados en la presente tesis estas cumplen con la tolerancia de longitud, pero ninguna cumple con las tolerancias de anchura y profundidad.

3. ¿La relación agua/yeso=0.6 es adecuada?

Según (Sánchez, 2003), los límites prácticos de trabajabilidad se encuentran entre 0.6 y 1.0, por tanto la relación usada para los ensayos se encuentra dentro de lo recomendable.

4. ¿El uso del equipo de CBR es adecuado para determinar la resistencia a compresión y flexión en los especímenes?

Según la norma UNE-EN 13279-2 se requiere de una prensa de compresión: con capacidad de suministrar velocidades de carga de 1 N/mm² por



segundo (véanse los apartados 4.7 y 4.8 de la Norma Europea EN 196-1:1994); pero para la presente investigación se establecieron las mismas propiedades y características con el equipo de CBR para los ensayos de determinación de la resistencia de compresión y flexión, garantizando resultados verídicos.

5. ¿Cómo se relacionan los antecedentes con los resultados del ensayo a compresión que se obtuvieron?

Según (Sánchez, 2003) la resistencia a compresión del yeso semihidratado varía de acuerdo a su proporción de agua, y para una relación agua/yeso de 0.6 la resistencia a compresión es de 90 kg/cm², por tanto como se puede observar en la 88 para los yesos coccionados a temperaturas de 130°C y 500°C la resistencia está por debajo de esa referencia, mientras que los yesos de 200°C y 900°C están por encima.

6. ¿Cómo se relacionan con los antecedentes los resultados del ensayo a flexión que se obtuvieron?

Según (Sánchez, 2003) la resistencia a flexión del yeso semihidratado varía de acuerdo a su proporción de agua, y para una relación agua/yeso de 0.6 la resistencia a compresión es de 20 kg/cm², por tanto como se puede observar en la 89 todos los yesos han pasado este valor, siendo el mayor el de 200°C con una resistencia muy alta de 46.41 kg/cm².

7. ¿Cómo se relacionan con los antecedentes los resultados del ensayo de tiempo de fragua que se obtuvieron?

Según (García, 1988) el tiempo máximo de principio de fraguado para un yeso tipo YF (yeso de construcción fino) es de 8 minutos, por tanto se puede observar que según los datos obtenidos y mostrados en la 90 los resultados de los yesos coccionados a temperaturas de 130°C, 200°C y 500°C se encuentran por debajo de este tiempo; sin embargo los yesos coccionados a 900°C y 1100°C son excesivamente mayores al tiempo referencial.

8. ¿Cómo se relacionan con los antecedentes los resultados del ensayo a succión que se obtuvieron?

No se encontraron referencias de investigaciones en las que se haya evaluado la capacidad de succión del yeso.

9. ¿Por qué aumentan el tiempo de fraguado cuando se incrementa la temperatura de cocción del yeso?

El tiempo de fraguado se ve afectado por el proceso químico que se da en la etapa de calcinación, por esto la deshidratación en el yeso calcinado a una temperatura de 1100°C es mucho mayor comparado con la deshidratación del yeso calcinado a una temperatura de 130°C; entonces al entrar en contacto el yeso con el agua y producirse la rehidratación el proceso durará más tiempo en el yeso calcinado a una temperatura de 1100°C que el yeso calcinado a una temperatura de 130°C

10. ¿Por qué disminuye la succión cuando se incrementa la temperatura de cocción del yeso?

Se observó que el yeso triturado de temperatura 1100° fue más fino que el yeso triturado de temperatura 130° por tanto en el proceso de rehidratación del yeso calcinado a temperatura de 1100°C la reorganización de los cristales dejó como resultado espacios intermoleculares más pequeños que el yeso calcinado a temperatura de 130°C; teniendo como resultado unidades prismáticas más densas y menos porosas para la primera temperatura comparado con las de la segunda temperatura. Por todo lo antes mencionado en el momento de succión el agua necesaria para poder saturar los poros existentes en las probetas será menor para las unidades de T° 1100 que para las unidades de T° 130.

En el gráfico inferior se constata que a mayor temperatura de cocción del yeso el peso seco de las unidades prismáticas aumenta.

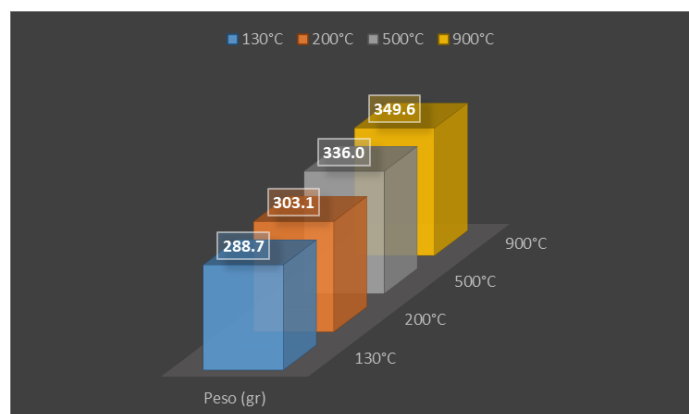


Figura 87. Histograma comparativo de los pesos secos de las unidades prismáticas



11. ¿Cuál es el rango de temperaturas más recomendable para elaborar yeso que sea utilizado en revestimientos?

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de tiempo de fraguado sería recomendable elaborar el yeso alrededor de los 200°C ya que el tiempo de principio de fraguado no es rápido como en los yesos elaborados a 130°C y 500°C y por ende permite un tiempo adecuado de trabajabilidad de la pasta.

12. ¿Fue adecuado el número de especímenes analizados en los ensayos de resistencia a compresión?

En el caso del ensayo a compresión la norma UNE-EN 13279-2 indica que para obtener un resultado promedio se deben calcularse con el valor promedio de 06 valores; en la presente tesis se analizaron 18 especímenes por cada temperatura para garantizar valores verídicos y luego se descartó valores extremos con el método de desviación estándar. En ningún caso se tuvo menor cantidad de valores correctos; por tanto, el número de pruebas por temperatura fue adecuado.

13. ¿Fue adecuado el número de especímenes analizados en los ensayos de resistencia a flexión?

En el caso del ensayo a flexión la norma UNE-EN 13279-2 indica que para obtener un resultado promedio se deben calcularse con el valor promedio de 03 valores, entonces en la presente tesis se analizaron 09 especímenes por cada temperatura para garantizar tener una cantidad suficientes de valores verídicos y luego se descartó valores extremos con el método de desviación estándar. En ningún caso se tuvo menor cantidad de valores correctos; por tanto, el número de pruebas por temperatura fue adecuado.

14. ¿Fue adecuado el número de especímenes analizados en los ensayos de succión?

En el caso del ensayo a succión se tuvo como referencia para el procedimiento la norma NTP-399.613, sin embargo se tomó en cuenta la cantidad de especímenes requeridos para la determinación de la resistencia de compresión especificada en la norma UNE-EN 13279-2 por ser la norma



predominante en la presente tesis. Entonces en la presente tesis se analizaron 09 especímenes por cada temperatura para garantizar tener la cantidad de datos verídicos y luego se descartó valores extremos con el método de desviación estándar. En ningún caso se tuvo menos de 06 valores correctos; por tanto, el número de pruebas por temperatura fue adecuado.

15. ¿Por qué las unidades prismáticas fabricadas con yeso de temperatura 1100°C no llegaron a un fraguado final?

Al observar que el tiempo promedio de tiempo de fraguado para el yeso calcinado a una temperatura de 1100°C fue de 14 horas, 18 min y 53 seg comparado con el tiempo promedio de tiempo de fraguado para el yeso calcinado a una temperatura de 130°C que fue de 1 min 25 seg se asume que el tiempo de fraguado final es directamente proporcional al tiempo de fraguado inicial, por ende es posible que las unidades prismáticas fabricadas con yeso calcinado a temperatura de 1100°C lleguen a un fraguado final en 7 días aproximadamente.

16. ¿Por qué las unidades prismáticas fabricadas con yeso de temperatura 900°C reducen su sección transversal?

Al requerir este yeso menos agua para la rehidratación, utilizando la relación agua/yeso de 0.6 las unidades prismáticas tienen más agua de la necesaria, por ende para alcanzar el fraguado final éstas separan el agua excedente en una lámina superior de agua, fraguando bajo condiciones hidráulicas y reduciendo así su volumen final.



GLOSARIO

Aljez: O también llamada “piedra de yeso”, es la materia prima para obtener yeso.

Amasado: Acción de amasar, que es el mezclado de diferentes materiales para formar una pasta homogénea.

Anhidrita: Mineral compuesto por sulfato cálcico (CaSO_4), cuando se expone a la acción del agua la absorbe y se transforma en yeso.

Calcinación: Proceso de calentar una sustancia o material a temperatura elevado (sea de forma directa o indirecta) para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química.

Conglomerante: Material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales y dar cohesión al conjunto mediante transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos. Los conglomerantes son utilizados como medios de unión, formando pastas llamadas morteros.

Deshidratación: Es la extracción o pérdida de agua que contiene un material.

Escayola: Producto industrial que se obtiene del aljez. Es un yeso de alta calidad y de un grano muy fino, con pureza mayor del 90% en mineral aljez.

Estuco: Recubrimiento para muros, compuesto por escayola o yeso fino amasado con agua.

Fraguado: Proceso de rehidratación entre el agua y un material que provoca el endurecimiento de la pasta.

Hidratación: Acción mediante la cual se restablece la pérdida de agua contenida en un cuerpo o material.

Molienda: Pulverización de un material hasta obtener el tamaño de partículas requerido.

Saturación: Estado en el que los espacios vacíos de un material están llenos de agua.

Trituración primaria: Reducción de algún material hasta que tenga un tamaño adecuado para poder realizar el resto del proceso.



Yeso: Material de construcción producto de la calcinación de la piedra Aljez.

Yeso hidráulico: Yeso que fragua bajo el agua.

YG: Yeso grueso de construcción, constituido principalmente por sulfato cálcico semihidrato y anhidrita II, con la posible incorporación de aditivos reguladores de fraguado.

YF: Yeso fino de construcción, constituido principalmente por sulfato cálcico semihidrato y anhidrita II de granulometría más fina que el YG, con la posible incorporación de aditivos reguladores de fraguado.

CONCLUSIONES

Conclusión n° 01

Se ha demostrado la hipótesis general “La temperatura de cocción influirá significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera ORLANDO 2007” ya que como se puede apreciar en el CAPÍTULO IV: RESULTADOS en todos los ensayos realizados los resultados varían significativamente.

Conclusión n° 02

La sub hipótesis N° 1 “A mayor temperatura de cocción, mayor será la resistencia a la compresión axial simple” fue demostrada parcialmente debido a que según los datos mostrados en la *Figura 83*, la resistencia a compresión del yeso fabricado a una temperatura de cocción de 200°C es mayor al producido a 130°C, y el producido a 900°C es mayor al de 200°C y al de 500°C; sin embargo, este último es menor al de 200°C.

Conclusión n° 03

La sub hipótesis N° 2 “A mayor temperatura de cocción, mayor será la resistencia a flexión” fue demostrada parcialmente debido a que según los datos mostrados en la *Figura 84*, la resistencia a flexión del yeso fabricado a una temperatura de cocción de 200°C es mayor al producido a 130°C, y el producido a 900°C es mayor al de 500°C; sin embargo, éstos dos últimos son menores al de 200°C.

Conclusión n° 04

La sub hipótesis N° 3 “A mayor temperatura de cocción, mayor será el tiempo de fraguado” fue demostrada parcialmente debido a que según los datos mostrados en la *Figura 85*, el tiempo de fraguado del yeso fabricado a una temperatura de cocción de 200°C es mayor al producido a 130°C, y el producido a 1100°C es mayor al de 900°C, y el de 900°C es mayor al de 500°C; sin embargo este último es menor al de 200°C.

**Conclusión n° 05**

La sub hipótesis N° 4 “A mayor temperatura de cocción, mayor será el periodo inicial de absorción (Succión)” no fue demostrada debido a que según los datos mostrados en la *Figura 86*, el porcentaje inicial de absorción fue menor a medida que se aumentaba la temperatura de cocción del yeso.



RECOMENDACIONES

Recomendación n° 01

Se recomienda hacer estudios sobre la influencia de la temperatura de cocción en las propiedades físicas y mecánicas del yeso con aumentos progresivos de 100° para poder observar con mayor detalle las variaciones existentes, haciendo hincapié en el ensayo de tiempo de fraguado.

Recomendación n° 02

Se recomienda hacer un estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los yesos producidos en diferentes canteras en la ciudad del Cusco manteniendo la relación agua/yeso constante, pues las formaciones geológicas no tienen la misma composición de acuerdo al lugar, por tanto el grado de pureza de la piedra aljez varía.

Recomendación n° 03

Se recomienda hacer un estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los yesos producidos en canteras en la ciudad del Cusco con la relación agua/yeso variable.

Recomendación n° 04

Se recomienda hacer un estudio de la variación de las propiedades físicas y mecánicas en un concreto adicionado con yesos coccionados a diferentes temperaturas.

Recomendación n°05

Se recomienda hacer un estudio comparando las propiedades físicas y mecánicas de yeso producido en la ciudad del Cusco pero adecuándolo a los tipos de yeso descritos en la norma europea (E-35, E-30, Y-25 F, Y-25 G, Y-20, Y-12).

Recomendación n°06

Se recomienda hacer un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de yesos dosificados, los cuales deben de estar compuestos por diferentes porcentajes de yesos calcinados a diferentes temperaturas.



Recomendación n°06

Se recomienda establecer una norma peruana que establezca los diferentes tipos de yeso y sus características, métodos de ensayos físicos y mecánicos para los yesos fabricados artesanalmente.

**REFERENCIAS**

- CG-Minería. (2013). *Estudio de la Cadena Productiva del Yeso*. México: Dirección General del Desarrollo Minero.
- CHANG, L., HOWIE, R., & ZUSSMAN, J. (1996). *Rock forming minerals Volumen 5B: Suphates, Carbonates, Phosphates and Halites*. Harlow: Longman.
- GARCÍA, A. (1988). *Comportamiento mecánico de yeso reforzado con polímeros sintéticos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- HERNÁNDEZ, R. (2004). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. En R. HERNANDEZ, *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. MÉXICO D.F.: The McGraw-Hill Companies.
- JAMES, J. (2011). *Puesta en marcha de un horno rotatorio para calcinación de yeso en la empresa PROCALCO*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- NOVO DE MIGUEL, L. (1968). *El yeso en la construcción. Décima Edición*. Barcelona: CEAC S.A.
- NTP 399.613. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima-Perú: INDECOPI.
- RNE-E050. (2006). *REGAMENTO E-NORMA E050*. LIMA -PERÚ: MVCS.
- ROLDÁN , W. (2011). *Materiales puzolánicos para uso en conglomerantes especiales basados en yeso*. Valencia: Universidad Poitécnica de Valencia.
- S.N.I.P. (1982). *Le plâtre*. Paris: Eyrolles (Syndicat National des Industries du Plâtre).
- SANCHEZ, J. (2003). *Materiales fibrosos de base conglomerada*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- SANZ, D. (2009). *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.



UNE-EN 13279 -2. (2006). *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo*. Madrid - España: AENOR.

UNIOVI. (2005). *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: Tema 6 - Yesos*. España: Universidad de Oviedo.

VILLANUEVA, L. (2004). *Evolución historia de la construcción con Yeso*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

VILLARINO OTERO, A. (2009). *Ciencia y Tecnología de los materiales*. Ávila - España: Universidad de Salamanca.

ANEXOS

Anexo N° 01: Procedimiento de fabricación de yeso para la presente tesis

1. Se realizó la visita a la cantera ORLANDO 2007 en la que se extrajeron piedras de yeso.



Figura 88. Materia prima (piedra aljez)

2. Se hizo un chancado manual con comba de las piedras de yeso hasta obtener material menor a 2”.



Figura 89. Piedra aljez

3. Luego estas piedras fueron colocadas al horno muffle de acuerdo a la temperatura correspondiente



Figura 90. Piedra calcinada

4. Una vez enfriadas las piedras se colocaron en la máquina de Abrasión de los Ángeles por espacio de 20 minutos para que se produzca el molido.



Figura 91. Material triturado en máquina de abrasión

5. Finalmente se hizo el tamizado para descartar el material retenido en la malla #50 y usar solo lo pasante en los diferentes ensayos planteados.



Figura 92. Tamizado de yeso

Anexo N° 02: Proceso de fabricación de las unidades prismáticas

1. Primero se pesaron las cantidades necesarias de yeso y agua para obtener la relación establecida de 0.6.



Figura 93. Peso de cantidades de agua y yeso

2. Luego se hizo el amasado de la mezcla teniendo cuidado de eliminar todos los grumos de yeso que se formaron durante el proceso.



Figura 94. Amasado de la mezcla

3. La mezcla se vertió en el molde diseñado según la norma UNE-EN 13279-



Figura 95. Mezcla en el molde

4. Se desmoldaron las muestras ni bien el yeso fraguó, y se mantuvieron por 7 días en el laboratorio para su secado a temperatura ambiente como indica en la norma.

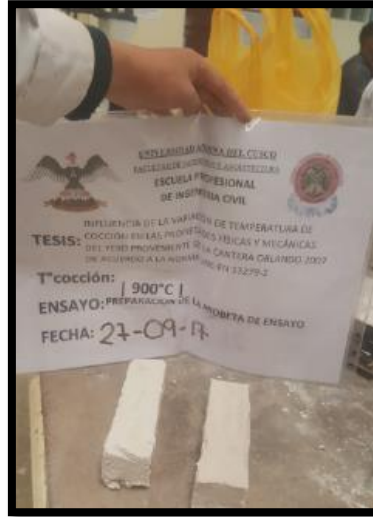


Figura 96. Unidades prismáticas secas a temperatura ambiente

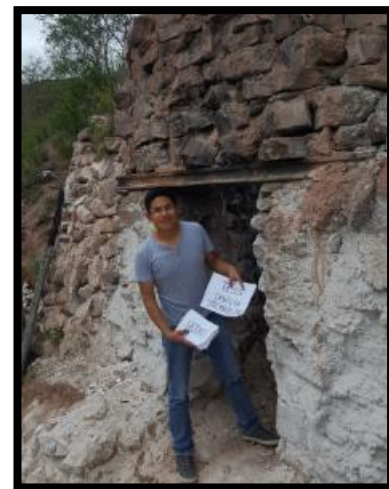
5. Finalmente se secaron las muestras en el horno a una temperatura de 40°C hasta que las unidades tengan un peso constante



Figura 97. Secado de unidades prismáticas en horno a 40°C

Anexo N° 03: Panel fotográfico

❖ Cantera Orlando 2007

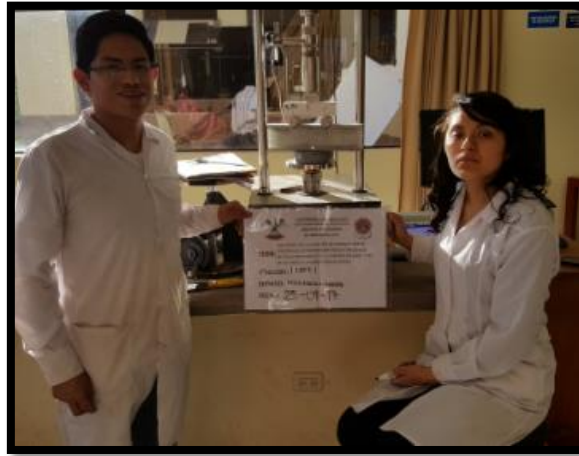
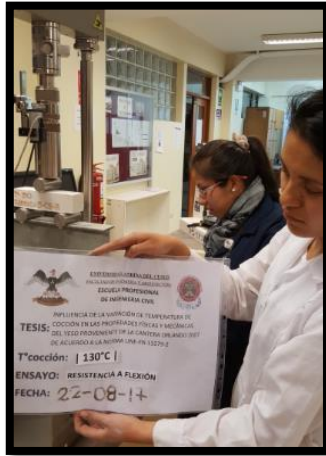




❖ Ensayo a compresión

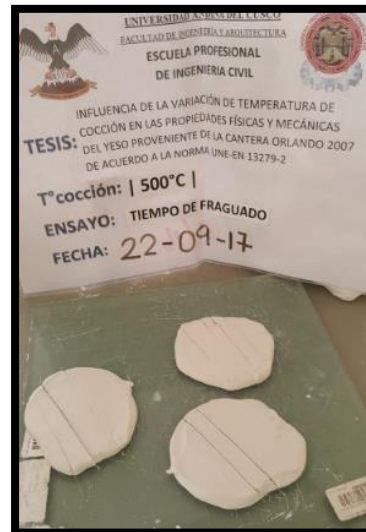


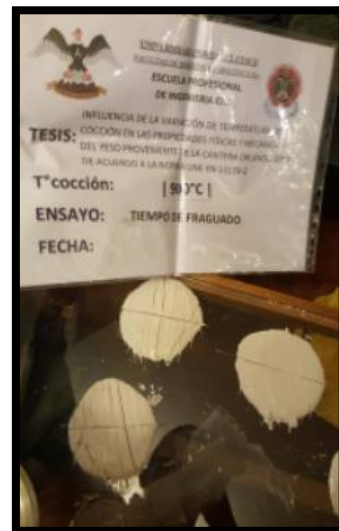
❖ Ensayo a flexión





❖ Ensayo de tiempo de fraguado





Anexo N° 04: Ubicación Geográfica de la Cantera Orlando 2007

Departamento: Cusco

Distrito: Caicay/Lucre

Provincia: Cusco



Figura 98. Ubicación de la Cantera Orlando 2007

Tabla N° 41

Coordenadas de la Cantera Orlando 2007

COORDENADAS U.T.M.		
VERTICE	NORTE (Y)	ESTE (X)
V1	8501000.00	207000.00
V2	8500000.00	207000.00
V3	8500000.00	206000.00
V4	8501000.00	206000.00

Fuente: Partida Registral N° 12852766

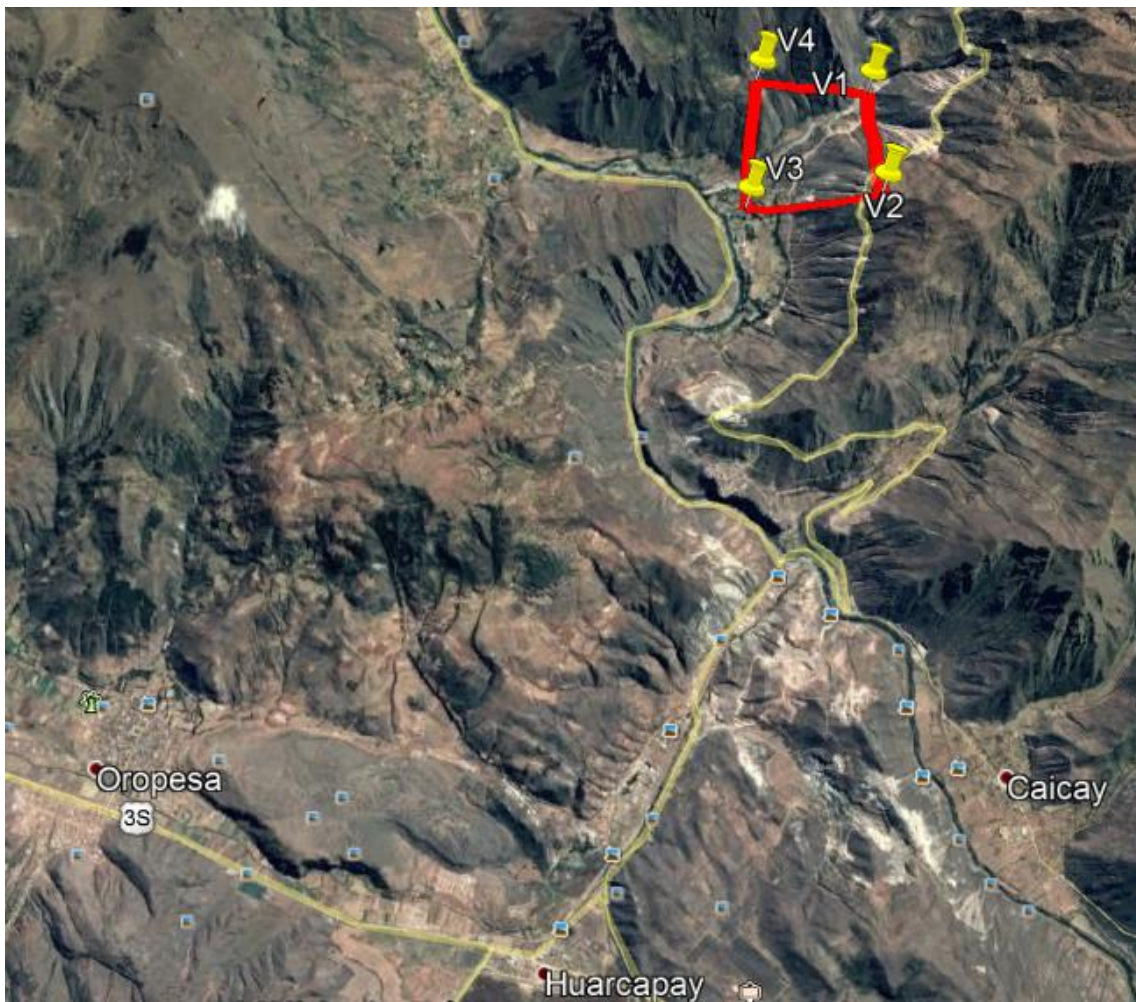


Figura 99. Delimitación de la Cantera Orlando 2007, Caicay/Lucre – Cusco

Fuente: Google Earth

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla N° 42

Matriz de consistencia

TÍTULO: 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					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
¿DE QUÉ MANERA INFLUYE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN, ELABORADO CON MATERIAL DE LA CANTERA ORLANDO 2007?	DETERMINAR LA INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL YESO ELABORADO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN, CON MATERIAL DE LA CANTERA ORLANDO 2007	LA TEMPERATURA DE COCCIÓN INFLUIRÁ SIGNIFICATIVAMENTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL YESO PROVENIENTE DE LA CANTERA ORLANDO 2007	INDEPENDIENTES		<ul style="list-style-type: none"> - Guías de Observación - Ensayo de resistencia a compresión - Ensayo de resistencia a flexión - Ensayo de tiempo de fraguado - Ensayo de Periodo inicial de absorción (Succión)
			Temperatura de Cocción	Temperatura	
			Yeso	Cantidad de agua, Cantidad de yeso, Relación agua/yeso	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES	INDICADORES	
¿DE QUÉ MANERA VARÍA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN?	DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN	A MAYOR TEMPERATURA DE COCCIÓN, MAYOR SERÁ LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	DEPENDIENTES		
			Resistencia a compresión axial simple	Fuerza de compresión (Kg), área de resistencia (cm ²)	
¿DE QUÉ MANERA VARÍA LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN?	DETERMINAR LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN	A MAYOR TEMPERATURA DE COCCIÓN, MAYOR SERÁ LA RESISTENCIA A FLEXIÓN.	Resistencia a la tracción por flexión	Fuerza de flexión (Kg), área de resistencia (cm ²)	
			Tiempo de fraguado	Valor del tiempo de fraguado (min)	
¿DE QUÉ MANERA VARÍA EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN?	DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN	A MAYOR TEMPERATURA DE COCCIÓN MAYOR SERÁ EL TIEMPO DE FRAGUADO	Periodo inicial de absorción (Succión)	Valor de periodo inicial de absorción (gr)	
¿DE QUÉ MANERA VARÍA EL PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN?	DETERMINAR EL PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) DEL YESO OBTENIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE COCCIÓN	A MAYOR TEMPERATURA DE COCCIÓN MAYOR SERÁ EL PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN			